

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Бровенко Екатерина Владимировна

Выпускная квалификационная работа

**Мониторинг нарушенных земель на территории Мурманской области с
использованием ГИС**

Основная образовательная программа магистратуры

«Геоинформационное картографирование»

Профиль «Геоинформатика»

Научный руководитель: д.т.н.,
проф. Баденко Владимир Львович

Рецензент: к.э.н., доц. СПбГАУ
Гарманов Виталий Валентинович

Санкт-Петербург

2018

Оглавление

Введение	3
1. Обзор научной литературы.....	4
1.1. Нарушенные земли	4
1.2. Методы проведения мониторинга.....	6
1.3. Дистанционное зондирование и ГИС-технологии при проведении мониторинга.....	9
1.4. Обзор зарубежных публикаций.....	16
1.5. Вывод по главе 1	21
2. Материалы и методы.....	22
2.1. Исходные данные.....	22
2.2. Методика исследования	23
2.2.1. Инвентаризация нарушенных земель: дешифрирование космических снимков, векторизация нарушенных земель.....	23
2.2.2. Определение динамики нарушенных земель, составление карт динамики нарушенных земель.....	26
2.2.3. Прогноз.....	26
2.2.4. Определение влияния нарушенных земель на окружающую среду	28
2.3. Результат работ	30
2.4. Вывод по главе 2	31
3. Мониторинг нарушенных земель	32
3.1. Характеристика объекта исследования	32
3.1.1. Физико-географическая характеристика Мурманской области	32
3.1.2. Социально-экономическая характеристика.....	34
3.1.3. Характеристика горно-добывающих предприятий.....	35
3.2. Проведение мониторинга.....	36
3.2.1. Исходные данные	36
3.2.2. Дешифрирование космических снимков и векторизация нарушенных земель ...	38
3.2.3. Определение динамики нарушенных земель	41
3.2.4. Прогноз развития нарушенных земель	42
3.2.5. Определение влияния нарушенных земель на окружающую среду	45
3.2.6. Разработка рекомендаций.....	46
Заключение.....	48
Список использованной литературы	49
Приложения	57

Введение

Актуальность работы. Мурманская область - это один из наиболее развитых горнорудных регионов России. Разведка и освоение недр Кольского полуострова привели к созданию мощного горнопромышленного комплекса, в состав которого входят предприятия горно-химической промышленности, цветной и черной металлургии, промышленности строительных материалов, специализирующиеся на добыче и первичной переработке сырья до минеральных концентратов. Активная эксплуатация месторождений полезных ископаемых приводит к разрушению почвенно-растительного покрова, уменьшению биоразнообразия, возникновению новых техногенных форм и изменению заполярных ландшафтов. Появляется необходимость выявления, наблюдения, прогноза динамики нарушенных земель и оценки влияния на окружающую среду, для последующей выработки мероприятий по предотвращению или минимизации возможного негативного влияния нарушенных земель на компоненты природы.

Целью работы является разработка методики и проведение мониторинга земель, нарушенных в результате открытой разработки полезных ископаемых.

Для достижения поставленной цели решены задачи:

- 1) проведение анализа состояния вопроса: обзор нормативно-правовой основы, теоретических вопросов, отечественного и зарубежного опыта проведения мониторинга нарушенных земель;
- 2) разработка методики проведения мониторинга нарушенных земель, включающую выполнение прогноза динамики нарушенных земель;
- 3) характеристика территории исследования;
- 4) проведение мониторинга нарушенных земель.

Объектом исследования являются земли, нарушенные горно-промышленным комплексом на территории Мурманской области.

Предмет исследования – мониторинг нарушенных земель.

1. Обзор научной литературы

1.1. Нарушенные земли

Нарушенные земли - земли, утратившие в связи с хозяйственной деятельностью первоначальную ценность и являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую природную среду [52].

При изучении нарушенных земель необходимо создать систематизированный свод данных, содержащий физико-географическую характеристику (включающий экономическую и экологическую оценки), а также качественную и количественную характеристики участков нарушенных земель. Целесообразно классифицировать причины нарушений земель, их последствия, а также конкретные объекты, которые могут быть выявлены на снимках по дешифровочным признакам, и создать каталог эталонов изображений типов нарушенных земель. Нарушение земель происходит по нескольким основным причинам (рис.1) [38].



Рис.1. Основные причины нарушения земель

Изменения, связанные с нарушением поверхности, отрицательно сказываются на биологических характеристиках. Они приводят к гибели или деградации растительности и почвенного покрова. Земли становятся непригодными для использования в сельском или лесном хозяйствах. Нарушенные земли подвержены негативным геологическим процессам (подтоплению, заболачиванию, эрозии). При разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом участок нарушенных земель негативно воздействует на такой же по площади участок прилегающей территории. Отвалы пустых пород являются мощными источниками пылевыведения, загрязняют окружающую среду продуктами горения, и резко ухудшают экологическое состояние окружающей среды в районе разработки. Процессы восстановления нарушенных земель требуют значительного времени и затрат [38].

Степень изменения ландшафта под влиянием техногенеза определяется тремя факторами [24]:

- 1) направленность и уровень техногенного воздействия;
- 2) природные особенности, состояние и устойчивость экосистем;
- 3) длительность техногенного воздействия.

В процессе добычи полезных ископаемых под воздействием техногенеза происходит перестройка ранее существовавшего рельефа и создание новых, не свойственных данной территории техногенных форм. На нарушенных и рекультивированных землях, а также в зоне воздействия горных разработок протекают процессы экзогенного рельефообразования, мониторинг которых необходим с целью разработки комплекса мер по их ограничению и устранению. Оценка и прогноз развития процессов экзогенного рельефообразования на нарушенных и рекультивированных землях и в зоне их воздействия должны основываться на исследовании их механизма, формы проявления, интенсивности и хода развития в различных условиях техногенных ландшафтов [24].

Основные источники загрязнения почв в горнодобывающих и перерабатывающих районах и зонах их воздействия приведены в таблице 1 [7].

Таблица 1

Основные источники загрязнения почв

Источники воздействия	Виды отходов, загрязняющих почвы
Добыча полезных ископаемых	Отвалы вскрышных и вмещающих горных пород. Минерализованных подземные воды карьерного и шахтного водоотлива. Выбросы в атмосферу при производстве вскрышных и добычных работ
Переработка полезных ископаемых	Хвосты- и хламохранилища. Сточные воды перерабатывающего производства. Выбросы в атмосферу перерабатывающих предприятий
Транспорт	Выхлопные газы в атмосферу. Потери при транспортировке полезных ископаемых и горючего и т.п.
Сельскохозяйственное производство	Минеральные удобрения. Мелиоранты. Оросительные воды. Стоки и твёрдые отходы животноводческих комплексов. Бициды разных видов
Городское и коммунальное хозяйство	Дымовые газы. Твёрдые бытовые отходы. Коммунальные сточные воды

Объектами наблюдения земель горнопромышленных ландшафтов являются [7]:

- технологические процессы и источники выбросов и сбросов загрязняющих веществ;
- техногенные природные территориальные комплексы (ТПТК) и их компоненты, сформированные в процессе добычи, транспортировки, переработки полезных ископаемых и рекультивации нарушенных земель;
- природные территориальные комплексы (ПТК) и их компоненты, находящиеся в зоне отрицательного воздействия горных разработок и переработки сырья и подверженные загрязнению и деградации.

В районах разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом формируются горнопромышленные природно-техногенные системы (рис.2) [11].

Карьеры	<ul style="list-style-type: none"> • полностью разрушена геологическая среда • преобразован рельеф • изменены гидрогеологические условия
Внешние отвалы	<ul style="list-style-type: none"> • изменен рельеф • изменен поверхностный сток • уплотнение залегающих в основании грунтов • содержат породы в стадии техногенеза
Гидроотвалы	<ul style="list-style-type: none"> • содержат водонасыщенные отложения • влияют на режим и состав грунтовых вод • формируют техногенный поверхностный сток • изменяют рельеф местности
Хвостохранилища	<ul style="list-style-type: none"> • имеют характеристики, присущие гидроотвалам • содержат также отложения с измененным химическим составом
Промплощадки, автодороги и т.п.	<ul style="list-style-type: none"> • вызывают дополнительные нагрузки на породы оснований и загрязнение атмосферного воздуха

Рис.2. Горнопромышленные природно-техногенные системы, формирующиеся на открытых разработках

1.2. Методы проведения мониторинга

Мониторинг земель - система наблюдений, оценки и прогнозирования, направленная на получение достоверной информации о состоянии земель, об их количественных и качественных характеристиках, их использовании и о состоянии плодородия почв [1].

Необходимую информацию о землях получают с использованием контактных (взятие проб либо непосредственный контакт измерительного прибора со средой) и дистанционных (удаленные) методов [42].

При рассмотрении контактных методов можно выделить три группы [42]:

- 1) электрохимические, основаны на процессах, протекающих на электродах или в межэлектродном пространстве;
- 2) оптические: абсорбционные, основаны на способности веществ избирательно поглощать лучистую энергию Солнца в характерных участках спектрального диапазона, и эмиссионные, основаны на измерении интенсивности излучения газовой смеси;

3) хроматографические, основаны на комбинировании как минимум двух разнородных принципов: предварительного разделения смеси веществ и последующего детектирования каждого из веществ по очереди.

Дистанционные методы основаны на взаимодействии излучения с веществом. Данные получают с использованием следующих носителей: космических, авиационного базирования, морского и наземного базирования (фототеодолитная съемка, геофизическое зондирование недр и др.) [42].

Частью мониторинга земель является анализ состояния, который включает: установление изменения фактического состояния земель, выявлении негативных процессов, а также их размеров. В процессе анализа должны быть выявлены причины образования каждого нарушенного земельного участка. Также в рамках мониторинга разрабатываются прогнозы состояния земель, которые содержат расчетный, теоретический и картографический материал (должны отражать сценарии развития во времени негативных процессов в сочетании различных антропогенных и природных факторов). На основе прогнозов разрабатываются рекомендации, которые включают перечень и содержание мероприятий, направленных на улучшения качественного состояния земель, в частности, связанных с защитой почв от эрозии и селевых потоков, восстановлением нарушенных земель и др. Моделирование, применяемое при мониторинге земель, чаще всего осуществляется в четырех направлениях (рис.3) [59].



Рис.3. Моделирование при мониторинге земель

Процесс мониторинга земель, нарушенных в результате горных работ, включает следующие этапы: подготовительные работы, полевое обследование, обработку

результатов наблюдений с целью построения ортофотопланов и анализа образцов почвогрунтов, оценку фактического состояния земель, прогноз состояния земель и подготовку информации для принятия управленческих решений с оценкой ожидаемой эффективности [4].

Для мониторинга состояния устойчивости техногенных объектов проводятся инструментальные маркшейдерско-геодезические наблюдения. В таком случае мониторинг заключается в выполнении следующих этапов [18]:

- 1) создание сети наблюдательных станций (в виде профильных линий реперов на наиболее неблагоприятных по устойчивости участках);
- 2) выбор средств и методики геодезических измерений;
- 3) проведение измерений (с учетом требований к периодичности наблюдений);
- 4) математическая обработка результатов наблюдений;
- 5) анализ и прогноз состояния устойчивости карьерных и отвальных откосов, на основе нескольких серий наблюдений можно выявить скорость деформирования горного массива, представить её изменение во времени, определить тенденцию и составить прогноз.

Для проведения геомеханического мониторинга могут использоваться данные трехмерного лазерного сканирования, которые позволяют создавать геолого-структурные модели месторождений с геодезической привязкой. По данным геолого-маркшейдерских съемок создают трехмерные модели горных выработок, рудных тел, тектонических нарушений, отображают сейсмические процессы, проводят наблюдения за развитием трещин и разломов по положению напластований. Для построения моделей с использованием данных 3D лазерного сканирования их необходимо совмещать с оцифрованной геолого-маркшейдерской информацией в САД системах. Фрагменты оцифрованных чертежей уточняются и корректируются по данным лазерного сканирования. Создание трехмерных моделей значительно упрощают процессы получения исходной информации для планирования и проектирования горных работ, создания сечений и разрезов, моделирования горных выработок, мониторинга состояния горнопромышленных объектов и т.д. [65].

Мониторинг деформаций уступов и бортов карьера и смещений земной поверхности и сооружений на промышленной площадке предприятия проводится также с использованием данных радарной интерферометрии. Проводится интерферометрическую обработку радарных космических снимков (заключается в выявлении точек, стабильно отражающих радарный сигнал («реперные» точки снимка) и расчете по ним смещений и деформаций). Результаты мониторинга оформляются в цифровом виде (векторные файлы изолиний смещений и точек, отражающих радарный сигнал, растровые файлы) [17].

Мониторинг состояния бортов проводится и с помощью измерительного комплекса. Система состоит двух регистраторов (получение и оцифровка данных с датчиков), пяти датчиков (фиксирует величину раскрытия трещины), двух ретрансляционных пунктов (для передачи информации с регистратора на пункт приема) и пункта приема информации. В непрерывном режиме ведется наблюдение за активностью опасных трещин в бортовых откосах карьера [9].

Характеристику нарушенных земель можно получить с помощью инженерно-геологических изысканий и экологического мониторинга. В результате изыскания систематизируется следующая информация: геолого-структурная и гидрогеологическая (бурение), физико-механическая характеристика грунтов (лабораторные методы). В рамках экологического мониторинга проводят лабораторные исследования, направленные на определение химического загрязнения подземных вод, грунта, биоты, снежного покрова: анализ на тяжелые металлы, оценка загрязнения верхних горизонтов грунтов вредными органическими соединениями, паразитологические и микробиологические исследования и др. Полученная характеристика нарушенных земель используется для разработки мероприятий по восстановлению земель, как основа для рекультивации [46].

Уровень техногенной нагрузки, оказываемой деятельностью горно-обогатительных комбинатов, можно определить по показателю степени фитотоксичности почв (свойство почвы подавлять рост и развитие высших растений). Для определения показателя необходимо провести отбор проб почвы и выполнить лабораторные исследования фитотоксичности почв по отношению к тест-культуре (виду растительности) [63].

1.3. Дистанционное зондирование и ГИС-технологии при проведении мониторинга

Дистанционное зондирование представляет собой комплекс различных методов фиксирования природной обстановки с помощью фотографической, сканерной, радиолокационной и другой специальной аппаратуры, а также визуальных наблюдений. Главные качества дистанционных изображений — это их высокая детальность, одновременный охват обширных пространств, возможность получения повторных снимков, изучения труднодоступных территорий, получение информации практически в любом масштабе, широкий спектр регистрируемых параметров [28].

Дистанционное зондирование Земли осуществляется большим количеством съемочных систем, позволяющих получать изображения пространственного разрешения от десятков до 0,5 м в различных спектральных диапазонах. Выбор типа данных ДЗЗ зависит от поставленной задачи. Для дешифрирования объектов чаще используются спектральные признаки (совокупность амплитудных параметров яркости изображений, полученных в

различных спектральных каналах). Большинство космических съемочных систем получают мультиспектральные снимки в различных каналах спектра. Использование каналов видимой части спектра (красный, зеленый, голубой) позволяет получить изображение в естественных цветах, при добавлении других спектральных каналов получают «псевдоцветное» изображение (для расширения возможностей дешифрирования объектов). Совместное использование панхроматического канала и совокупности «цветных» каналов позволяет повышать пространственное разрешение изображения [61].

В таблице 2 приведена характеристика спектральных каналов спутниковых снимков и области их применения [42].

Таблица 2

Спектральные каналы и области их применения

Номер канала	Области применения
1 канал (голубой)	наиболее чувствителен к атмосферным газам; имеет наибольшую водопроницаемость, оптимален для выявления подводной растительности, факелов выбросов, мутности воды и осадков; полезен для выявления дымовых факелов; хорошо различимы облака от снега и горных пород, а также голые почвы от участков с растительностью
2 канал (зеленый)	чувствителен к различиям в мутности воды, осадочным шлейфам и факелам выбросов; охватывает пик отражательной способности поверхностей листьев, для разделения обширных классов растительности; для выявления подводной растительности
3 канал (красный)	чувствителен в зоне сильного поглощения хлорофилла, для распознавания почв и растительности; чувствителен в зоне высокой отражательной способности для большинства почв; может использоваться для оконтуривания снежного покрова
4 канал (ближний инфракрасный)	различает растительное многообразие; может быть использован для оконтуривания водных объектов и разделения сухих и влажных почв
5 канал (средний или коротковолновый инфракрасный)	чувствителен к изменению содержания воды в тканях листьев; чувствителен к варьированию влаги в растительности и почвах; полезен для определения энергии растений и отделения суккулентов от древесной растительности; особенно чувствителен к наличию/отсутствию трехвалентного железа в горных породах (отражательная способность возрастает при увеличении количества трехвалентного железа); отличает лед и снег (светлый тон) от облаков (темный тон)
6 канал (длинноволновый инфракрасный или тепловой)	датчики предназначены для измерения температуры излучающей поверхности от 100° С до 150° С; применение тепловой съемки: анализ влажности почв, типов горных пород, выявление теплового загрязнения воды, бытового скопления тепла, источников городского производства тепла, инвентаризация живой природы, выявление геотермальных зон
7 канал (средний, или коротковолновый инфракрасный)	совпадает с полосой поглощения излучения гидроминералами, благодаря чему они выглядят темными; полезен для литологической съемки; чувствителен к варьированию влаги в растительности и почвах

Для решения задач оценки состояния растительного покрова используются разнообразные вегетационные индексы (позволяют получать индексные изображения, дающие наглядное представление об общем состоянии растительного покрова и наличии тех или иных нарушений). Наиболее часто используется нормализованный разностный вегетационный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), показывает наличие и состояние растительности. Индекс рассчитывается как отношение разности коэффициентов отражения в ближней инфракрасной и в красной зонах к их сумме. Дополнительную информацию о состоянии нарушенных земель может дать оценка содержания воды в почвах и растительности. Произвести её можно, проанализировав значения яркости пикселей в коротковолновом ИК-диапазоне [49].

Помимо NDVI, применяются индексы «зелёности» (Broadband Greenness и Narrowband Greenness, рассчитываемые по данным в широких и узких спектральных зонах соответственно), отображающие общее количество и состояние растительности; индексы содержания пигментов (Leaf Pigments), наблюдающихся у угнетённых растений, в том числе и до появления видимых признаков угнетения; индексы, используемые для оценки содержания влаги в растительном покрове (Canopy Water Content) и др. [60].

Для выделения водных объектов на спутниковых снимках используют различные водные индексы. К числу которых относятся: NDWI - Normalized Difference Water Index (нормализованный разностный водный индекс, используются зелёный и ближний инфракрасный диапазон); MNDWI – Modified Normalized Difference Water Index (модифицированный разностный водный индекс, используются зелёный и коротковолновый инфракрасный диапазон); AWEI – Automated Water Extraction Index (автоматизированный индекс выделения вод, используются пять различных каналов) [29].

Индексы для дешифрирования состава горных пород и почв: индекс содержания оксида железа (отношение значений яркости в красном канале к значениям яркости в синем канале) для выявления содержания окислов железа; индекс содержания железистых минералов (отношение значения яркости в среднем инфракрасном канале к значению яркости в ближнем инфракрасном канале) для выявления содержания железистых минералов; индекс красноцветности (RI) (отношение разности красного и зеленого диапазона к их сумме), для выявления содержания оксида железа в почве [27].

Определение на снимке застроенных территорий можно проводить с использованием: нормализованный дифференциальный индекс застроенности NDBI (Normalized Difference Built-up Index) (отношение разности коротковолнового инфракрасного и ближнего инфракрасного канала к их сумме); индекс почвы SI (отношение

разности зеленого и синего диапазона к их сумме); индекс VIBI (vegetation index built-up index) (формула 1) [51]:

$$VIBI = \frac{NDVI}{NDVI + NDSI} \quad (1)$$

где NDVI - нормализованный разностный вегетационный индекс, NDSI (normalized difference soil index) – нормализованный разностный почвенный индекс, отношение разности средневолнового инфракрасного и красного канала к их сумме.

Для дешифрирования снимков может быть использована компьютерная классификация - автоматизированное подразделение всех пикселей снимка на группы, соответствующие разным объектам (классы). Различают способы классификации с обучением (контролируемая) и без обучения (неконтролируемая). При классификации с обучением используются заранее определенные дешифровщиком эталонные значения спектральной яркости объектов. В процессе классификации значения яркости текущего пикселя сравниваются с эталонными и пиксел относится в наиболее подходящий класс объектов. Качество обучения можно оценить по правильности классификации эталонных участков. В способах классификации без обучения (кластеризации) вначале проводится автоматическое разделение пикселей на группы. Дешифровщик задает исходные параметры: количество классов, которые нужно получить; насколько сильно они должны различаться по значениям яркости между собой; параметры, определяющие длительность классификации. На первом этапе изображение разделяется на массивы сходных по спектральным характеристикам пикселей — кластеры. Затем дешифровщик анализирует характеристики кластеров, сопоставляет их с характеристиками реальных географических объектов и определяет, к каким объектам относится кластер [27].

Применение данных ДЗЗ расширяет возможности получения достоверной информации. Пример представлен на рисунках 4а и б, 4а – отчетливо выделяются участки овражной эрозии; 4б – пространственного разрешения достаточно для наблюдения за деформацией плотины [61].



а – участок дельты Волги в Ахтубинском районе Астраханской области



б – плотина в селе Вороново Московской области

Рис.4. Примеры использования данных ДЗЗ (<http://maps.google.com/>)

Для тематической обработки данных ДЗЗ существует большое количество программных комплексов. Геометрически скорректированные и географически привязанные изображения могут использоваться в качестве подложки в геоинформационных системах. При тематической обработке данных получают как классифицированное изображение (содержащие визуально выделенные интересные объекты), так и векторные тематические карты (для дальнейшего использования) [61].

Для комплексной оценки и проведения мониторинга состояния компонентов окружающей среды наиболее актуальным становится использование средств ГИС (система сбора, хранения, обработки, доступа, анализа, интерпретации и графической визуализации пространственных данных). Одной из главных задач мониторинга является создание эффективного управления имеющимися ресурсами. Геоинформационные системы (ГИС-технологии) объединяют различную информацию в единый информационно-аналитический комплекс на основе пространственных данных [37].

Задачи мониторинга решаются с помощью создания ГИС-проекта, который включает картографическую и атрибутивную информацию. Результатами анализа данных мониторинга является картографический вывод, на котором выносятся карта, слои мониторинга, атрибутивная информация, дополнительная информация. Применение ГИС-технологий для мониторинга земель позволяет создавать карты непосредственно в цифровом виде по координатам, полученным в результате измерений на местности или при обработке материалов дистанционного зондирования. При создании цифровых карт в среде ГИС упор делается на создание структуры пространственных отношений между объектами, четко различаются понятия точного и неточного совпадения границ, легко осуществимо использование уже ранее оцифрованных границ при создании смежных объектов, что необходимо при решении широкого круга задач [28].

Процесс создания карт в ГИС намного более прост и гибок, чем в традиционных методах ручного или автоматического картографирования. Также в среде ГИС можно выполнять моделирование геопространства. Гибкость процесса создания карт в ГИС реализуется: удобством ввода и редактирования координированных данных; возможностью внесения нужного количества разнообразной атрибутивной и геометрической информации; масштабируемостью; совместным и многократным использованием данных. Возможно быстрое копирование данных и их пересылка по локальным и глобальным сетям [28].

В основе построения систем мониторинга должен лежать интегрированный системный анализ и синтез элементов структуры на основе многокритериального выбора альтернатив. Использование теории систем и системного анализа базируется на

фундаментальных свойствах системы – эмерджентности (характеризует способность системы обладать аналитическими, методически и техническими параметрами, которые не имеют составляющие её элементы и подсистемы) и синергии (отражается в переходе от кортежа отдельных прогнозов состояния объектов техносферы к синтезу общего динамического прогноза для конкретной урбанизированной территории). Формирование оптимального прогноза развития отдельных процессов системы может быть осуществлено путем их комплексации. Реализация теории сведена к решению задач: расчёт параметров моделей систем (процессов) и оценка их качества по соответствующим критериям, разработка методик комплексирования, формирование синтезированного прогноза и оценка его качества [53].

На примере работы Ряховского В.М., Шкотина А.В., Похно С.А. рассмотрена база пространственных данных техногенных отходов горно-обогатительных производств. База данных состоит из четырех уровней и имеет структуру, приведенную на рисунке 5 [44].

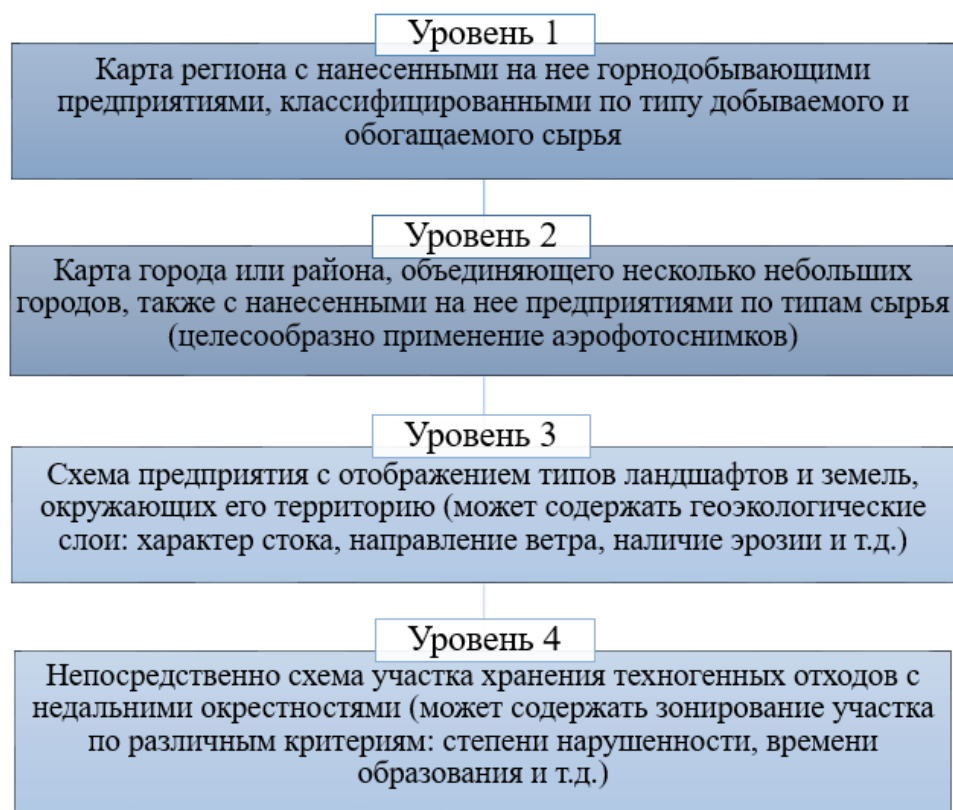


Рис.5. Структура базы пространственных данных техногенных отходов

И.А. Ганиевой, Е.А. Ижмулкиной, И.В. Зеньковым разработана система мониторинга окружающей природной среды техногенных ландшафтов, которая базируется на наземных средствах получения информации и данных дистанционного зондирования с искусственных спутников Земли. Информационной основой при моделировании интегральных индикаторов и показателей качества природной среды средствами ГИС являются картографические материалы и данные экологических обследований территории,

а также справочные материалы и нормативные документы в области экологии и природопользования [13].

Структура информационно-аналитической системы включает четыре функциональных блока [13]:

1) автоматизированная информационная система (база данных) с веб-интерфейсом, предназначена для хранения данных о техногенных ландшафтах и результатов мониторинга качества их природной среды;

2) геоинформационная система с веб-интерфейсом, включает в себя графические и тематические базы данных экологической направленности;

3) программный модуль расчета текущих интегральных характеристик окружающей природной среды территорий изучаемых техногенных ландшафтов и прогнозирования сроков нейтрализации загрязнений и восстановления биологической продуктивности техногенных ландшафтов;

4) программный модуль визуализации интегральных состояний природной среды техногенных ландшафтов для выявления аномалий и качественной оценки динамики развития системы (мониторинга).

Опыт мониторинга нарушенных земель с использованием ГИС. Гилева Л.Н. – автор статьи «Мониторинг нарушенных земель на территории Пуровского района ЯНАО», рассматривает актуальность создания системы мониторинга нарушенных земель. В работе доказывается необходимость формирования и ведения информационной базы данных о нарушенных землях, которая позволит выявить неучтенные, фактически используемые земельные участки и включить их в налогооблагаемую базу, создать систему мониторинга нарушенных земель и их рекультивации с использованием ГИС-технологий, сформировать обоснованную систему мероприятий по рациональному использованию земель и выработке механизмов регулирования эффективного использования земель на территории округа. Для этих целей проведена инвентаризация земель и выделено три типа объектов: 1. нарушенные земли вокруг объекта кадастрового учета (рис.6а); 2. наезженные дороги (рис.6б); 3. прочие объекты (рис.6в) [15].

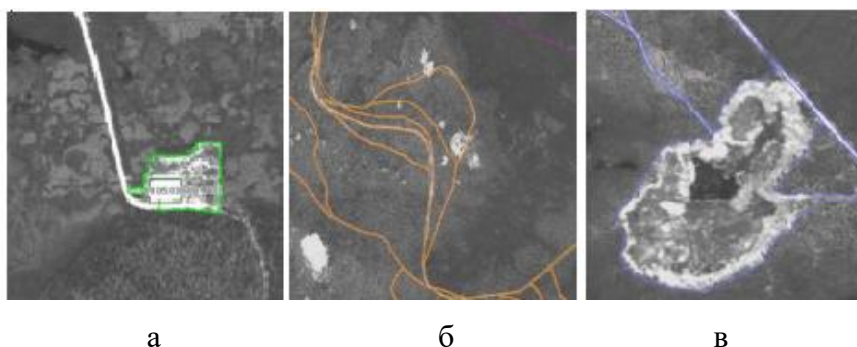


Рис.6. Примеры объектов групп классификации

Результатом работы является автоматизированная база данных, содержащая нарушенные земельные участки и их характеристику.

Горно-экологический мониторинг изменения наземной экосистемы на территории промышленного района Бонао в Доминиканской Республике с использованием средств дистанционного зондирования Земли. На основе снимков высокого разрешения выделены участки производства открытых горных работ. На основе контуров этих участков, выделены составные части горнопромышленного ландшафта (отвалы, карьеры, въездные траншеи и др.) этих территорий в разные годы (мониторинг проведен за 30-летний период). Обработка снимков высокого разрешения позволила установить, что рекультивация нарушенных земель собственниками карьеров не производится. Далее решена задача установления тенденции формирования растительной экосистемы как самовосстанавливающейся: при прекращении горных работ породные отвалы довольно быстро зарастают высшими сосудистыми растениями [62].

В Республике Марий Эл была разработана и апробирована методика идентификации объектов недропользования (в первую очередь открытых разработок полезных ископаемых) по мультиспектральным снимкам высокого разрешения. Подготовка снимков включала в себя процедуру ортотрансформирования, геометрическую и атмосферную коррекцию, приведение к единой системе координат, спектральная трансформация шумовых помех и классификация. Затем проведена векторизация слоев населенные пункты и нелесные и непокрытые растительностью земли. Для верификации проведены полевые обследования объектов недропользования. В точках наблюдения и непосредственной близости от карьеров проводились: осмотр, замеры, запись данных в полевой журнал, фотосъемка, нанесение результатов обследования на карту (полевой абрис местности), плановая привязка GPS-приемником. В результате систематизированы данные недропользования и выявлены ключевые дешифровочные показатели карьеров [8].

1.4. Обзор зарубежных публикаций

Важным элементом развития мониторинга является использование ГИС и данных дистанционного зондирования. В зависимости от целей, авторы Dixon и Chiswell, выделяют три вида мониторинга [71]:

- 1) мониторинг состояния, выполняется для описания и наблюдения состояния объектов с течением времени;
- 2) мониторинг тренда или мониторинг эффекта, для определения последствий какого-либо природного явления либо человеческой деятельности, цель заключается не только в том, произошло ли изменение объекта, но и в том, было ли изменение вызвано определенным действием;

3) регулярный или контроль наблюдения, направлен на установления соответствия объекта наблюдения правилам и требованиям.

Ключевым компонентом мониторинга являются контрольные показатели мониторинга (значения либо диапазоны значений состояния объекта). Данные показатели необходимы для интерпретации данных мониторинга, поддержки принятия решений в области управления ресурсами, объективной оценки состояния (при сравнении с нормативными показателями). Контрольные показатели должны учитывать экологический потенциал ландшафта. Существует два основных подхода к установлению контрольных показателей (рис. 7) [92].

Эталонные или ожидаемые условия	Желаемые условия
<ul style="list-style-type: none">• целью управления земельными ресурсами является поддержание или восстановление экосистем в минимально или наименее нарушенных условиях• контрольные показатели определяются с точки зрения отклонения от нормативных значений	<ul style="list-style-type: none">• ориентация на добычу и использование природных ресурсов• определяются диапазоны значений контрольных показателей, которые будут обеспечивать устойчивость экосистемы

Рис.7. Подходы к установления контрольных показателей мониторинга

После вычисления контрольных показателей рекомендуется разделять территорию на классы, в зависимости от отклонения значения контрольного показателя от эталонного значения, для наглядного определения состояния исследуемого объекта [92].

В настоящее время основными технологиями при геодезическом мониторинге горнопромышленных объектов являются [93]:

- наземное лазерное сканирование, высокая точность, быстрое получение данных, используется для контроля смещений и деформаций;
- воздушное лазерное сканирование, позволяет получать данные в сложных условиях, создавать трехмерные модели;
- аэрофотосъемка;
- беспилотные воздушные системы (БПЛА), получение аэрофотоснимков высокого разрешения, которые затем обрабатываются для получения высокоточных ортофотоснимков, точечных облаков и 3D-моделей.

- спутниковые снимки (гиперспектральные снимки обладают преимуществом по сравнению с другими данными дистанционного зондирования из-за возможности отличать спектральные вариации между различными типами пород, вычисления индексов).

Интеграция данных дистанционного зондирования и ГИС может быть выражена в четырех формах [87]:

- 1) ГИС могут использоваться для хранения нескольких типов данных;
- 2) ГИС-анализ и методы обработки могут использоваться для обработки и анализа растровых данных (например, операций буфера, операции расстояния);
- 3) данные дистанционного зондирования могут обрабатываться для получения ГИС-данных;
- 4) данные ГИС могут использоваться для проведения анализа изображений (извлечение более полной и точной информации из спектральных данных).

Статья «Monitoring land degradation using remote sensing and GIS techniques in an area of the middle Nile Delta, Egypt» посвящена мониторингу деградации почвы в средней части дельты Нила. Использовались изображения Landsat и цифровая модель рельефа (DEM). Снимки прошли геометрическую коррекцию и классификацию методом ISODATA. Цифровая модель рельефа получена с помощью топографических карт масштаба 1:50000. Также проведены полевые обследования (взяты пробы почв) для определения геоморфологических единиц. В результате сравнения характеристик поверхности (каротаж воды, уплотнение, засоление и подщелачивание) 1968 и 2008 годов определена степень деградации земель и составлены тематические карты [72].

При мониторинге карьера по добыче угля в Болу, Турция, с использованием снимков высокого разрешения, выполнена следующая последовательность действий [70]:

- 1) получение данных (мультиспектральные изображения высокого разрешения, с 2004 по 2008 года);
- 2) регистрация изображений (Зона UTM 36, WGS 84);
- 3) стандартизация данных (радиометрическая и геометрическая коррекция);
- 4) классификация с обучением;
- 5) оценка точности (составлена матрица ошибок и вычислен коэффициент каппа);
- 6) выявление изменений (составлена матрица изменений земного покрытия на период с 2004 по 2008 гг).

Статья «Monitoring the mining effect at drainage basin level using geoinformation technologies» посвящена мониторингу влияния горных работ на территорию с использованием геоинформационных технологий. Исследование состояло из следующих этапов [85]:

1) характеристика изучаемой территории (необходима для определения природных условий и процессов, характера антропогенного воздействия);

2) выбор используемых методов (оценка антропогенного воздействия на водосборные бассейны; оценка оползней в результате горнодобывающей деятельности; динамика землепользования; построение матрицы взаимодействия землепользования и изменением земли; мониторинг проведен с 1940 по 2008 год);

3) разработка модели базы геоданных, состоит из следующих элементов: таблицы, растровые данные, каталог растровых данных, дополнительные элементы (схемы, данные полевых обследований и др.), наборы данных (классы пространственных данных, топология), правила (топология, отношения, атрибуты), инструменты (скрипты, модули, модели);

4) создание базы данных (использовались спутниковые снимки, топографические карты масштаба 1:5000, исследования местности и измерения GPS, данные о почвах, геоморфологии, лесном покрове, гидрографической сети, геологии);

5) проведение мониторинга (выделение видов землепользования, построение буферных зон влияния, определение степени развития негативных процессов, создание тематических карт влияния горной промышленности на состояние земель) [85].

Мониторинг нарушенных земель в горнодобывающих районах, исследование авторов Liu и Zhou. Мониторинг на основе данных дистанционного зондирования в основном заключается в определении изменений землепользования и покрытия, вызванного деятельностью по добыче полезных ископаемых, или конкретных экологических проблем, таких как оседание грунта в результате добычи полезных ископаемых. Объектом исследования является территория северо-восточного Китая, временной промежуток – 58 лет. Использовались: топографическая карта масштаба 1:50000, карта землепользования масштаба 1:100000, снимки Landsat5 и 8. Проведена классификация землепользования (выделены сельскохозяйственные земли, водные объекты, лесные земли, городские земли, неиспользуемые земли, горной промышленности, земли под строительство). Дешифрирование осуществлялось по «псевдоцветным» изображениям, для проверки использовались карты землепользования. В результате созданы карты изменения землепользования, определены тенденции изменений [83].

Оценка антропогенной нагрузки на территорию Республики Армения проведена в исследовании А. Новсеруан. Исходными данными являлись «Отчет о наличии и распределении земельного фонда» и цифровые карты масштаба 1:10 000. Выделено 6 степеней антропогенной нагрузки и вычислены абсолютный (Ka) и относительный (Ko)

показатели экологических и экономических условий района (для оценки состояния территории) (формула 2) [74]:

$$K_a = \frac{AL_6}{AL_1}, \quad K_0 = \frac{AL_4 + AL_5 + AL_6}{AL_1 + AL_2 + AL_3} \quad (2)$$

где AL1, AL2 (леса), AL3 (многолетние насаждения) - земли с низкой антропогенной нагрузкой, AL4 (сенокосы, пастбища), AL5 (пахотные земли) и AL6 (Земли горнодобывающей промышленности, промышленности, транспорта) - земли с высокими антропогенными нагрузками. По вычисленным показателям составлены тематические карты.

Мониторинг для оценки реабилитации земель в области добычи угля проведен для бассейна Фицрой, Австралия. Первым шагом является разработка классификации земель с точки зрения добычи (карьеры, шахты и т.д.), переработки. Далее создана карта покрова. Использовались данные из ведомственных фондов: о эксплуатации угольных шахт, границах аренды горных работ, площадей дренажных бассейнов, о растительном покрове и аэрофотоснимки, а также схемы классификации почвенного покрова горнодобывающих процессов. Далее проведен пространственный анализ земельного покрова (оценка масштабов и типов воздействия). Выделено шесть групп земель: районы активной добычи, нарушенные земли, восстановленные земли, водные ресурсы, отходы, обломки. Заключительным шагом стал подсчет стоимости мероприятий по восстановлению нарушенных земель [79].

Исследование Shivesh Kishore Karan и др., посвящено мониторингу рекультивации нарушенных земель в районах добычи полезных ископаемых и состоит из двух частей. Первая часть: оценка пространственно-временного распределения растительного покрова на участке рекультивации угольной шахты с использованием метода опорных векторов (SVM) контролируемой классификации, индекса растительного покрова (RVI), индекса повышенной растительности (EVI), нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI) и нормализованной разностный индекс влажности (NDMI), после вычисления индексов определялась степень их корреляции (взаимосвязи). Вторая часть исследования: поиск наиболее подходящего метода на основе статистического анализа для мониторинга изменения растительного покрова в течение 15 лет. Методы контролируемой классификации оказались эффективными для мониторинга рекультивации, нормализованный разностный индекс также позволяет получить объективную и надежную оценку состояния растительности [77].

1.5. Вывод по главе 1

Развитие горно-промышленного комплекса приводит к увеличению негативного воздействия на земельные ресурсы, что проявляется в механическом повреждении земель и геохимическом загрязнении территории. Под влиянием открытых разработок происходит полное или частичное уничтожение первичной растительности, почв, резкое нарушение биологической продуктивности экосистем. Поэтому возникает необходимость проведения мониторинга для выявления и оценки состояния нарушенных земель, определения степени влияния на окружающую среду и прогноза динамики нарушенных земель.

Целью исследования является разработка методики мониторинга земель, нарушенных горно-промышленным комплексом, с использованием спутниковых снимков и средств ГИС.

В результате анализа литературы можно выделить две группы исследований в данной области, при использовании геоинформационных технологий: выявление нарушенных земель и оценка их состояния; использование геоинформационных систем при восстановлении нарушенных земель (для мониторинга либо принятия решений). Первая группа исследований сводится к инвентаризации земель, определении их площади, характеристик и изменений во времени, также проводится оценка их влияния на окружающую среду. Во второй группе исследований геоинформационные системы в большинстве случаев используются для накопления, хранения и обработки информации (справочной, либо полученной лабораторными и полевыми методами), необходимой для принятия решения о необходимости, способах и методах восстановления нарушенных земель.

В проанализированных работах не решена задача прогнозирования динамики нарушенных земель. Поэтому основной задачей исследования является разработка и построение модели динамики нарушенных земель и составление прогноза. Недостаточно выявить местоположение нарушенных участков земли, необходимо оценить их влияние на окружающую среду и определить ход развития негативного процесса, для разработки эффективных и обоснованных управленческих решений в области восстановления нарушенных земель.

2. Материалы и методы

2.1. Исходные данные

Исходными данными для проведения мониторинга являются:

1. Космические снимки. Landsat-7 (5 и 8), на период исследования (ресурс - Earthexplorer). Формат данных GeoTIFF. Характеристика сканера ETM+ (Landsat 7) и TM (Landsat 5) приведена в таблице 3, характеристика спектральных диапазонов спутника Landsat 8 приведена в таблице 4.

Таблица 3

Основные характеристики сканера ETM+ (Landsat 7) и TM (Landsat 5)

Номера спектральных зон	Охват спектральных зон (мкм)	Пространственное разрешение (м)		Полоса обзора (км)	Повторяемость съемки одной территории
		Landsat 5	Landsat 7		
1	0,45 - 0,515	30	30	185	16 суток
2	0,525 - 0,605	30	30		
3	0,63 - 0,690	30	30		
4	0,75 - 0,90	30	30		
5	1,55 - 1,75	30	30		
6	10,40 - 12,5	120	60		
7	2,09 - 2,35	30	30		
8	0,52 - 0,90	-	15		

Таблица 4

Характеристика спектральных диапазонов спутника Landsat 8

Спектральный канал	Длины волн	Разрешение (м)
Диапазоны OLI (Operational Land Imager)		
Канал 1 - Побережья и аэрозоли	0,433 – 0,453 мкм	30 м
Канал 2 - Синий	0,450 – 0,515 мкм	30 м
Канал 3 - Зеленый	0,525 – 0,600 мкм	30 м
Канал 4 - Красный	0,630 – 0,680 мкм	30 м
Канал 5 - Ближний ИК	0,845 – 0,885 мкм	30 м
Канал 6 - Ближний ИК	1,560 – 1,660 мкм	30 м
Канал 7 - Ближний ИК	2,100 – 2,300 мкм	30 м
Канал 8 - Панхроматический	0,500 – 0,680 мкм	15 м
Канал 9 - Перистые облака	1,360 – 1,390 мкм	30 м
Диапазоны TIRS (Thermal Infrared Sensor)		
Канал 10 - Дальний ИК	10,30 – 11,30 мкм	100 м
Канал 11 - Дальний ИК	11,50 – 12,50 мкм	100 м

2. Цифровая карта на основе данных OpenStreetMap, используется в качестве общегеографической основы для создания карт динамики нарушенных земель.

3. Перечень действующих лицензий по полезным ископаемым, источник: Министерство природных ресурсов и экологии субъекта РФ (представляет собой документ, который содержит информацию о действующих лицензиях на пользование недрами

предоставленных для целей геологического изучения, разведки и добычи общераспространенных полезных ископаемых).

4. Данные о состоянии земель из государственного фонда данных: Ежегодные доклады о состоянии и об охране окружающей среды. Доклад подготавливается во исполнение Послания Президента Российской Федерации Федеральному Собранию Российской Федерации от 30 ноября 2010 года. В Докладе представлены данные о качестве природной среды, состоянии природных ресурсов, рассматриваются вопросы влияния на здоровье населения состояния среды обитания человека, влияния хозяйственной деятельности на окружающую среду, демографической ситуации, состояния особо охраняемых природных территорий республики, а также вопросы государственного регулирования в области охраны окружающей среды. При мониторинге доклады используются как источник информации о состоянии и влиянии нарушенных земель на окружающую среду, для обоснования мероприятий по управлению земельными ресурсами.

5. Данные государственного кадастра недвижимости (публичная кадастровая карта - онлайн-сервис, в котором в графической и текстовой форме воспроизводятся сведения, содержащиеся в государственном кадастре недвижимости и реестре прав на него, а также вспомогательные инструменты). Используются для определения видов разрешенного использования земельных участков, определения местоположения нарушенных земель при подготовке к дешифрированию космических снимков.

2.2. Методика исследования

2.2.1. Инвентаризация нарушенных земель: дешифрирование космических снимков, векторизация нарушенных земель

Подготовка космических снимков: процесс обработки спутниковых снимков может включать в себя обнаружение и восстановление дефектных строк сканирования, геометрическую коррекцию, спектральную нормализацию, коррекцию влияния атмосферных условий и корректировки влияния рельефа. Геометрическая коррекция изображений является необходимым шагом при комбинации различных источников данных в процессе классификации. Спектрозональные спутниковые снимки Landsat, уровня обработки 1T, радиометрически и геометрически скорректированы [76].

В рамках инвентаризации нарушенных земель проводится дешифрирование спутниковых снимков, с использованием дополнительных материалов (данных публичной кадастровой карты, реестра действующих лицензий по полезным ископаемым).

Метод исследования территорий, акваторий и некоторых атмосферных явлений по аэрокосмическому изображению – дешифрирование – основан на взаимосвязи между свойствами объектов и характером их отображения на снимках. Процесс дешифрирования

включает несколько стадий: обнаружение, распознавание и интерпретацию, а также определение качественных и количественных характеристик объектов и представление результатов дешифрирования в графической (картографической), цифровой или текстовой форме [27].

При визуальном дешифрировании распознаются объекты на аэрокосмическом снимке, определяются их качественные и некоторые количественные характеристики, выявляются взаимосвязи между объектами, явлениями и процессами. Важный методологический подход при географическом дешифрировании — анализ дешифрируемых объектов в развитии и в неразрывной связи с окружающей их средой. Дешифрирование выполняется по принципу от общего к частному. Технология работ по дешифрированию включает следующие этапы [27]:

1) знакомство с методическими рекомендациями по данному виду дешифрирования, материалами по объекту и району исследований (литературные источники (научная литература, методические пособия, справочники) – сведения о географических особенностях территории, о существе и специфике объектов; карты – государственные топографические, тематические, ведомственные источники; ведомственные материалы – планы лесоустройства, планы и карты землепользований, почвенные карты, навигационные карты);

2) выявление набора объектов дешифрирования (составление предварительной легенды будущей схемы дешифрирования или карты);

3) подбор снимков для дешифрирования, преобразование снимков для повышения их выразительности, подготовка приборов и вспомогательных средств дешифрирования;

4) собственно дешифрирование аэрокосмических снимков и оценка его достоверности;

5) оформление результатов дешифрирования (графическая, текстовая и цифровая форма, чаще результатом дешифрирования является снимок, на котором графически выделены и обозначены условными знаками изучаемые объекты).

Способы дешифрирования [27]:

1) визуальное – выполняет дешифровщик по фотоматериалам и на экране монитора; используются два вида восприятия – зрительное (яркость, цвет, размер) и логическое;

2) автоматизированное — интерпретационная обработка снимков выполняется машиной в диалоговом режиме;

3) автоматическое - интерпретационная система решает отлаженные задачи без вмешательства оператора.

Тематическое дешифрирование выполняется по двум логическим схемам. Первая схема предусматривает вначале распознавание объектов, а затем их графическое выделение; вторая схема — сперва графическое выделение на снимке участков с однотипным изображением, далее проводится их распознавание. Обе схемы завершаются этапом интерпретации, научного толкования результатов дешифрирования. При работе со снимками, необходимо привлекать дополнительный материал, который служит для уточнения дешифровочных признаков и оценки результатов дешифрирования. Первая схема является универсальной для решения большинства задач; она получила широкое признание в практике визуального дешифрирования. Вторая схема достаточно эффективна при дешифрировании относительно простых объектов по яркостным признакам, но имеет ограниченное применение. При компьютерном дешифрировании обе схемы могут быть реализованы в технологиях классификации с обучением и без обучения. Динамику исследуемых объектов можно определить путем дешифрирования разновременных снимков [27].

Дешифровочные признаки. На аэрокосмическом снимке объекты отличаются друг от друга по ряду дешифровочных (демаскирующих) признаков. Выделяются основные признаки, которые принято делить на прямые (простые и сложные) и косвенные. Прямые простые дешифровочные признаки — форма, размер, тон (цвет) изображения и тень, а сложный (комплексный) признак, объединяющий выше названные признаки, — рисунок изображения. Косвенные признаки основаны на связях между объектами, на возможности выявления не видимых на снимке объектов по другим объектам, хорошо. Косвенными признаками служат также местоположение объекта, географическое соседство, следы воздействия объекта на окружение [27].

Для анализа объектов земной поверхности по спутниковым снимкам используют различные сочетания спектральных каналов. Комбинация каналов видимой части спектра в естественных цветах (красный-зеленый-синий) естественна для восприятия человеческим зрением. При использовании комбинации каналов, включающих невидимые диапазоны спектра, анализируют множество различных аспектов (особенности ландшафтов, геологической структуры; выделение границ водных объектов; определение характеристик растительности и др.). Характеристика спектральных каналов и области их применения приведены в главе 1 (п.1.3).

Векторизация предназначена для перевода изображения из растрового формата в векторный (совокупность примитивов – точек, линий, полигонов). Процедура векторизации с помощью средств ГИС включает: привязку изображения к картографической проекции; подготовку к векторизации (настройка яркости, контраста, цветового отображения,

удаление шумов и т.д.); векторизация (выделяют 3 способа векторизации: автоматическая – программа выделяет пространственные объекты, полуавтоматическая – пользователь отмечает объект на растре, а программа предлагает векторный вариант, ручная – самостоятельный ввод координат фигур пространственных объектов) [27].

2.2.2. Определение динамики нарушенных земель, составление карт динамики нарушенных земель

Карты динамики нарушенных земель создаются на основе камерального и полевого дешифрирования аэро - и космической информации с использованием фондовых картографических материалов, содержащих сведения о состоянии и использовании земель, техногенных воздействиях, динамике негативных процессов. Участки с нарушенными землями с указанием видов нарушенных земель должны быть отображены на картографической основе масштаба 1:50 000 – 1:200 000 (обзорная карта), и в более крупном (1:10 000, 1:25 000) в виде врезок. Масштаб врезок выбирается в зависимости от площади нарушенных земель и категории земель, в составе которой находится данный участок. Схема составления карт динамики нарушенных земель представлена на рисунке 8 [50].

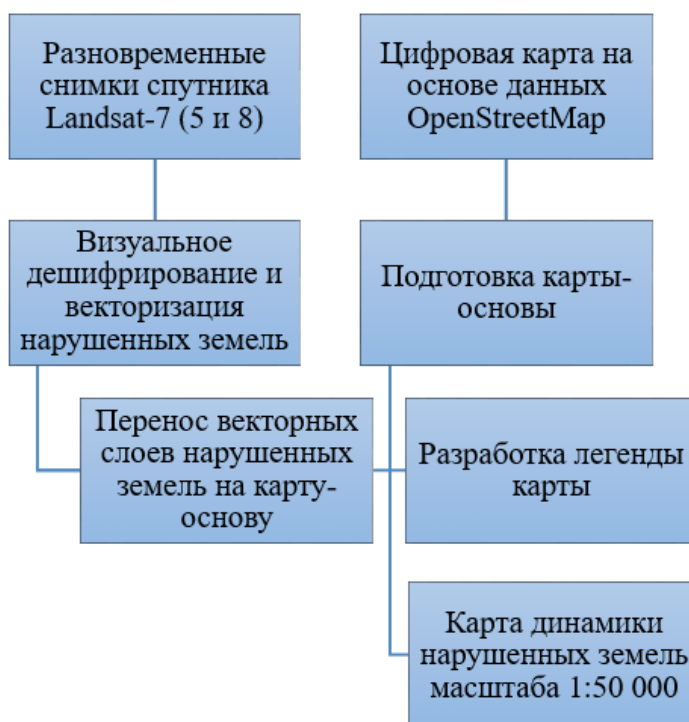


Рис. 8. Схема составления карт динамики нарушенных земель

2.2.3. Прогноз

При моделировании нарушенных земель с целью прогноза динамики используются эконометрические методы и временные ряды [59].

В результате определения динамики нарушенных земель формируется временной ряд (зависимость площади нарушенных земель от времени), исследование временных рядов проводится на основе регрессионного анализа.

Так как временной ряд состоит из двух переменных, рассматривается парная регрессия. Парной регрессией называется условное математическое ожидание переменной y как функции от переменной x : $y=f(x)$, где y – зависимая переменная; x – независимая переменная. Уравнение регрессии позволяет проводить анализ и прогноз [34].

Функция $f(X)$ называется функцией регрессии Y на X , если она описывает изменение значений результирующей переменной Y в зависимости от изменения значений объясняющей переменной X . Таким образом, имеет место уравнение регрессионной связи между Y и X (формула 3) [34]:

$$Y_i = f(X_i) + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n \quad (3)$$

Присутствие в модели случайной компоненты ε , называемой *случайным членом* или *возмущением*, обусловлено следующими причинами [34]:

- ошибками спецификации, то есть отбора факторов и выбора связи между явлениями;
- ошибками измерения;
- ошибками, связанными со случайностью человеческих реакций.

Регрессия может быть линейной и нелинейной. Уравнение линейной регрессии имеет вид (формула 4) [34]:

$$Y = a + bX, \quad (4)$$

где b – коэффициент регрессии (определяет наклон линии регрессии к оси абсцисс). Его величина показывает среднее изменение результата при изменении фактора на единицу; a – свободный член регрессии (соответствует отрезку прямой, отсекаемому линией регрессии при пересечении с осью ординат).

Для определения коэффициентов линейного уравнения используется метод наименьших квадратов (МНК) (формула 5) [34]:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})(X_i - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}, \quad a = \bar{Y} - b\bar{X}, \quad (5)$$

где \bar{Y} – среднее арифметическое значение переменной Y , \bar{X} – среднее арифметическое значение переменной X .

Качество построенной модели в целом оценивает коэффициент детерминации R^2 , равен доле вариации Y объясняемой вариацией фактора X (формула 6) [34]:

$$R^2 = 1 - \frac{S_{\text{ост}}}{S_{\text{общ}}}, \quad (6)$$

где $S_{\text{ост}}$ - остаточная сумма квадратов отклонений, характеризует отклонение экспериментальных данных от их теоретических значений, найденных по уравнению регрессии, $S_{\text{общ}}$ - факторная или регрессионная сумма квадратов отклонений, характеризует разброс теоретических значений относительно среднего арифметического значения исходных данных.

Выделяют два класса нелинейных регрессий [34]:

- регрессии, нелинейные относительно включенной объясняющей переменной, но линейные по параметрам, например, полиномы разных степеней –

$$Y = a + b_1X + b_2X^2 + \varepsilon \text{ или гипербола } - Y = a + \frac{b_1}{X} + \varepsilon;$$

- регрессии, нелинейные по оцениваемым параметрам, например, степенная функция - $Y = aX^b + \varepsilon$ или показательная функция - $Y = a \cdot b^X + \varepsilon$.

Построение моделей нелинейных регрессий проводится путем линеаризации уравнения.

Построенные модели регрессии оцениваются по коэффициенту детерминации, который показывает насколько хорошо уравнение регрессии объясняет взаимосвязь между переменными [34].

2.2.4. Определение влияния нарушенных земель на окружающую среду

Растительность весьма чувствительна к нарушениям окружающей среды и наиболее наглядно отражает изменение экологической обстановки в результате техногенного воздействия. Состояние растительности можно рассматривать как индикатор уровня техногенной нагрузки на природную среду региона. Для анализа растительности наибольший интерес представляют снимки в нескольких зонах электромагнитного спектра, преимущественно в видимом диапазоне (0.4 – 0.7 мкм) и ближнем ИК-диапазоне (0.7 – 1.3 мкм) [60].

Для определения по спутниковым снимкам влияния нарушенных земель на растительность вычисляются вегетационные индексы:

1) NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный разностный вегетационный индекс, простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы, был впервые описан Rouse B.J. в 1973 г.

Расчет NDVI базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра (0,6-0,7 мкм) лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области (0,7-1,0 мкм) находится область максимального отражения клеточных структур листа. То есть высокая

фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) ведет к меньшему отражению в красной области спектра и большему в инфракрасной. Отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять и анализировать растительные от прочих природных объектов. Использование же не простого отношения, а нормализованной разности между минимумом и максимумом отражений увеличивает точность измерения, позволяет уменьшить влияние таких явлений как различия в освещенности снимка, облачности, дымки, поглощение радиации атмосферой и пр. [60].

Индекс вычисляется по следующей формуле (формула 7) [60]:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (7)$$

где *NIR* - отражение в ближней инфракрасной области спектра, *RED* - отражение в красной области спектра. Индекс может принимать значения от –1 до 1.

Индекс необходимо вычислять только в период вегетации для района исследования. На значения индекса влияет также видовой состав растительности, ее сомкнутость, состояние, экспозиция и угол наклона поверхности, цвет почвы под разреженной растительностью. Для отображения индекса NDVI используется стандартизованная дискретная шкала, показывающая значения в диапазоне от -1 до 1.

Интерпретация значения индекса приведена в таблице 5.

Таблица 5

Интерпретация значения NDVI

Тип объекта	Значение NDVI
Густая растительность	0.7
Разряженная растительность	0.5
Открытая почва	0.025
Облака	0
Снег и лед	-0.05
Вода	-0.25
Искусственные материалы (бетон, асфальт)	-0.5

NDVI предназначен для измерения эколого-климатических характеристик растительности, но в тоже время может показывать значительную корреляцию с некоторыми параметрами [60]:

- продуктивностью (временные изменения);
- биомассой;
- влажностью и минеральной (органической) насыщенностью почвы;
- испаряемостью (эвапотранспирацией);
- объемом выпадаемых осадков;
- мощностью и характеристиками снежного покрова

2) GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index) - зеленый нормализованный разностный вегетационный индекс, показатель фотосинтетической активности растительного покрова, наиболее часто используемый при оценке влагосодержания и концентраций азота в листьях растений (Gitelson, Merzlyak, 1996). GNDVI более чувствителен к концентрациям хлорофилла а по сравнению с индексом NDVI [60].

Индекс применим при оценке угнетенной и стареющей растительности. Эффективен при оценке содержания азота в листьях растений по мультиспектральным данным, у которых отсутствует крайний красный канал. Индекс GNDVI вычисляется по следующей формуле (формула 7) [60]:

$$GNDVI = \frac{NIR - GREEN}{NIR + GREEN}, \quad (7)$$

где *NIR* – отражение в ближней инфракрасной области спектра, *GREEN* – отражение в зеленой области спектра.

3) NDWI (Normalized difference Water index) - нормализованный разностный водный индекс, показатель содержания влаги в почве и листьях растений, автор – McFeeters, 1996. Для расчета индекса используются значения спектральной яркости в зеленом и среднем инфракрасном диапазонах спектра [60].

Назначение: оценка неоднородности степени увлажнения растительности и почв по данным ДЗЗ у которых отсутствует средний инфракрасный канал. Индекс NDWI вычисляется по следующей формуле (формула 8) [60]:

$$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR} \quad (8)$$

Диапазон значений индекса от -1 до 1. Для зеленой растительности обычно принимает значения от -0,1 до 0,4 [60].

2.3. Результат работ

Результатом работ по мониторингу нарушенных земель являются:

- 1) определение динамики нарушенных земель;
- 2) составление карт динамики нарушенных земель масштаба 1:50 000;
- 3) составление прогноза динамики нарушенных земель;
- 4) оценка влияния нарушенных земель на растительность по результатам вычисления вегетационных индексов.

2.4. Вывод по главе 2

Предложена методика мониторинга нарушенных земель, основанная на тематической обработке разновременных многозональных космических снимков. Методологической основой явились современные методы мониторинга нарушенных земель с помощью дистанционных наблюдений.

Выбрана модель прогноза динамики нарушенных земель, основанная на регрессионном анализе временного ряда.

Влияние нарушенных земель на растительность определяется с использованием спутниковых снимков путем вычисления вегетационных индексов.

3. Мониторинг нарушенных земель

3.1. Характеристика объекта исследования

3.1.1. Физико-географическая характеристика Мурманской области

Мурманская область расположена на Кольском полуострове и прилегающей к нему с запада и юго-запада часть материка. Площадь области – 144,9 тыс. кв. километров. Протяжённость территории составляет 400 километров с севера на юг и 550 километров с запада на восток. Северные берега омываются водами Баренцева моря (его акватория – 1424 тыс. кв. километров), с юга – Белого моря (его акватория – 90 тыс. кв. километров). На западе область граничит с Норвегией и Финляндией, на юго-западе – с Республикой Карелия. В состав области входят: 12 городских округов (город Мурманск - областной центр), 6 районов (Кандалакшский, Ковдорский, Кольский, Ловозерский, Печенгский, Терский), 23 поселения, из них 13 городских, 10 сельских (рис. 9) [2].



Рис.9. Административно-территориальное устройство Мурманской области

Мурманская область расположена в двух физико-географических зонах: тундры и тайги. Климат Мурманской области арктически-умеренный, морской, относительно мягкий (влияние ветви тёплого течения Гольфстрим), сплошных районов вечной мерзлоты нет. Среднегодовая температура воздуха уменьшается от 0 °С на побережье Баренцева и Белого морей до -2 в центральной части Кольского полуострова и до -3-4 °С в горных районах [2].

Рельеф - горы, террасы, плато, равнины заняты болотами и озерами. Хибины, Ловозерская тундра, Мончетундра и другие горные массивы возвышаются над уровнем моря на 800-1200 метров [2].

Гидрография. Расположено около 100 тысяч озёр общей площадью более 9 тыс. кв. километров (6% от площади территории области), 10 водохранилищ общей площадью более 3 тыс. кв. километров (2%). Насчитывается более 20 тысяч рек. Крупнейшие озёра: Имандра – 876 кв. километров, Умбозеро – 422 кв. километра. Наиболее крупные водохранилища: Верхнетуломское – 745 кв. километров, Князегубское – 610 кв. километров. Самые длинные реки: Поной – 426 километров, Варзуга – 254 километра, Лотта – 235 километров (на территории Мурманской области – 156 километров) [2].

Полезные ископаемые. Более 60 месторождений различных видов минерального сырья. Наибольшую ценность имеют медно-никелевые месторождения Печенги, апатитовые Хибин, редкометалльные Ловозера и зоны Колмозеро - Воронья, железорудное месторождение Ковдора, мусковитовые месторождения Енского района, титаномагнетитовое массива Гремяха-Вырмес, перовскитовое Африканды. Значительны запасы слюды, керамического сырья и сырья для строительных материалов, облицовочного камня, полудрагоценных и поделочных камней [2].

Геологические условия: территория Мурманской области расположена в пределах северо-восточной части Балтийского (Фенноскандинавского) кристаллического щита и представляет собой фрагмент Лапландско-Кольско-Карельской геологической провинции.

Преобладают почвы: подзолы иллювиально-гумусовые (28,3%); подбуры темные тундровые (17,8%); торфяные болотные верховые и торфяные болотные деградирующие (15,8%); подзолы иллювиально-железистые и иллювиально-гумусовые без разделения (13,7%) [91].

Флора и фауна. Флора региона насчитывает 1100 видов высших сосудистых растений. Представители хвойных и лиственных деревьев: сосна, ель, берёза, осина, 2 вида рябины, черёмуха, около 25 видов ив и другие. Наиболее распространены животные: землеройка, лесной лемминг, полёвка, заяц-беляк, белка, горностай, куница, россомаха, песец, ондатра, норка, бобр, лисица, волк, бурый медведь, олень, лось. Птицы: кукушка, снегирь, щур, клёст, ястреб, тетерев, куропатка, глухарь, овсянка, гаичка, сорокопуд, свиристель, мухоловка, пеночка, дрозд, горихвостка, дятел, кукушка, сова. Морские птицы – чаек, кайр, чистиков, тупиков. На озёрах гнездятся утки, гуси, лебеди. Морские рыбы: более 110 видов, из них 22 – промысловые (треска, пикша, морской окунь, сайра, сельдь, камбала). В реках и озёрах – щука, окунь, хариус, сиг, голец, ряпушка, сёмга, кумжа и другие [2].

Экологическое состояние. В таблице 6 приведены основные показатели, характеризующие воздействие хозяйственной и иной деятельности человека на окружающую среду и природные ресурсы (по данным отдела водных ресурсов по Мурманской области Двинско-Печорского бассейнового водного управления

Федерального агентства водных ресурсов, Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, Управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по Мурманской области в 2016 году, 2008 и 2001 года – Доклад о состоянии окружающей среды) [2].

Таблица 6

Антропогенное воздействие на окружающую среду

	2000 год	2008 год	2016 год
Объём сброса загрязнённых сточных вод в поверхностные водные объекты, млн. куб. м	430,2	361,6	320,0
Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, тыс. т	396,9	344,8	292,1
от стационарных источников	283,0	276,2	231,8
от автомобильного транспорта	113,9	68,6	57,6
от железнодорожного транспорта			2,7
Образование отходов производства и потребления, млн. т	178,9	203,6	199,6

3.1.2. Социально-экономическая характеристика

Население на 01.01.2017 составляет 757,6 тысячи человек, из которых 92,4 % - городское население, 7,6 % - сельское. Плотность населения – 5,2 человека на 1 кв.км [2].

Экономика главным образом нацелена на использование природных ресурсов. Мурманская область обеспечивает производство 100% апатитового и нефелинового концентратов в стране, около 70 % общероссийского объема никеля, 10 % железорудного концентрата, 7 % рафинированной меди, 14 % - улова рыбы, 1,6 % - электроэнергии. Крупнейшие виды деятельности области представлены в виде диаграммы (рис.10).



Рис.10. Доля крупнейших видов деятельности Мурманской области

На территории области расположены 3 морских порта, 2 аэропорта. В Мурманске базируется атомный ледокольный флот. Суда транспортного флота области обеспечивают

четвертую часть всех общероссийских морских перевозок грузов. Автомобильная и железнодорожная магистрали соединяют Мурманск и Санкт-Петербург [2].

Государственная образовательная система области включает 240 дошкольных образовательных организаций, 166 общеобразовательных организаций, 2 организации высшего образования и 19 среднего профессионального образования. В сфере культуры действуют 12 музеев, 3 профессиональных театра, 151 публичная библиотека, 76 учреждений культурно-досугового типа. На территории региона расположены институты и учреждения Кольского научного центра Российской академии наук (КНЦ РАН) [2].

Структура земельного фонда Мурманской области (по данным Управления Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Мурманской области (2016 г.), Доклада о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2008 г., Доклада Государственного комитета по охране окружающей среды Мурманской области 2000 г. "Состояние и охрана окружающей среды Мурманской области") приведена в таблице 7 [2].

Таблица 7

Земельная площадь, тысяч гектаров

	2000 г.	2008 г.	2016 г.
Всего земель	14492,8	14490,2	14490,2
сельскохозяйственного назначения	57,1	2857,5	2857,0
поселений	62,2	60,4	62,7
промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения и иного специального назначения	453,2	451,2	456,9
особо охраняемых территорий и объектов	319,5	320,9	322,9
лесного фонда	9469,2	9510,6	9510,6
водного фонда	77,3	77,3	77,3
запаса	4051,7	1212,3	1202,8
земли, используемые за пределами области (Новгородская область)	2,6	-	-

3.1.3. Характеристика горно-добывающих предприятий

Объектами мониторинга являются природно-техногенные системы горно-промышленных предприятий:

1. АО «Ковдорский ГОК» (г. Ковдор) (открытие предприятия - 5 сентября 1962 года), разрабатывается открытым способом месторождение комплексных бадделеит-апатит-магнетитовых руд. Производство апатитового, бадделеитового и железорудного концентратов. Производительная мощность комбината: апатит – 2,4 тыс. т/год, бадделеит - 8 тыс. т/год, железная руда – 5,6 тыс. т/год. План функционирования предприятия рассчитан до 2050 г. [31].

2. АО «Ковдорслюда» (в 1965 году началось промышленное освоение месторождения), разработка руд открытым способом. Предприятие является единственным в России производителем слюды-флагопита. Месторождения: Ковдорское флогопитовое, Ковдорское вермикулитовое, кварц-полевошпатовое сырье Куру-Ваара. Обеспеченность запасами месторождений: вермикулитовое месторождение – 240 лет, флогопитовое – 66 лет, месторождение кварц-полевошпатового сырья – 140 лет. Решением Арбитражного суда Мурманской области от 23 декабря 2013 г. ООО «Ковдорслюда» признано несостоятельным (банкротом), осуществляется продажа имущества [31, 90].

3. АО «Оленегорский ГОК» (г. Оленегорск) (добыча полезных ископаемых с 1953 года), открытым способом разрабатываются месторождения Заимандровского железорудного района. Добыча сульфидных медно-никелевые руд, производство железорудного сырья. Производственная мощность 4,1 млн. тонн/год. Стратегический план развития комбината рассчитан до 2050 [31].

В приложении 2 приведен Реестр действующих лицензий для исследуемых предприятий на право пользования недрами.

Объекты рудников и обогатительных фабрик Мурманской области не занимают и не нарушают сельскохозяйственные угодья и оленьи пастбища. Строительство промплощадок размещалось в лесных зонах на предприятии АО "Ковдорский ГОК". На карьерах АО "Оленегорский ГОК" отсыпка отвалов и хвостов производилась на заболоченных безлесных землях.

3.2. Проведение мониторинга

3.2.1. Исходные данные

Для проведения мониторинга используются:

1. Спутниковые снимки:

1) 2000 г., спутник Landsat-7:

Оленегорский район: 4 августа 2000 г., идентификатор снимка: LE07_L1TP_187012_20000804_20170210_01_T1, облачность составляет 3% площади снимка;

Ковдорский район: 26 июля 2000 г., идентификатор снимка: LE07_L1TP_188013_20000726_20170210_01_T1, облачность составляет 0% площади снимка.

2) 2008 г., спутник Landsat-5 (использованы снимки данного спутника, так как в 2003 году вышел из строя прибор Scan Line Corrector (SLC) в сканере ETM+ (Landsat-7) и в связи с этим на снимках присутствует дефект CLS-off (черные полосы)):

Оленегорский район: 2 июля 2008 г., идентификатор снимка: LT05_L1TP_187012_20080822_20161021_01_T1, облачность составляет 14% площади снимка;

Ковдорский район: 20 июля 2008 г., идентификатор снимка: LT05_L1TP_187012_20080720_20161020_01_T1, облачность составляет 10% площади снимка.

3) 2016 г., спутник Landsat-8:

Оленегорский район: 23 июля 2016 г., идентификатор снимка: LC08_L1TP_187012_20160723_20170322_01_T1, облачность составляет 22% площади снимка;

Ковдорский район: 21 июля 2016 г., идентификатор снимка: LC08_L1TP_189012_20160721_20170323_01_T1, облачность составляет 29% площади снимка.

Снимки географически привязаны, параметры системы координат: WGS84, UTM Zone 36N. Так как в исследовании предусмотрено вычисление вегетационных индексов, спутниковые снимки должны быть получены в период вегетации, для определения периода вегетации использовался календарь природы Лапландского биосферного заповедника (описаны основные сезонные периоды и их продолжительность), расположенного в 40 км на юго-запад от АО «Оленегорский ГОК» и 70 км северо-восточнее АО «Ковдорский ГОК» и АО «Ковдорслюда». Характеристика снимков (пространственное разрешение и диапазоны спектральных зон снимков приведены в главе 2, п.2.1).

2. Кадастровые данные: публичная кадастровая карта, территория Оленегорского и Ковдорского районов.

3. Цифровая карта на основе данных OpenStreetMap на территорию Мурманской области – общегеографическая основа карт динамики нарушенных земель, используются векторные слои: населенные пункты, дорожная сеть, гидрография, растительность.

4. Данные информационно-аналитической системы природопользования Мурманской области: месторождения общераспространенных полезных ископаемых и горные отводы действующих лицензий.

5. Ежегодные доклады о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области (на 2000 г., 2008 г., 20016 г.).

6. Перечень действующих лицензий по полезным ископаемым Мурманской области, источник: официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Мурманской области.

3.2.2. Дешифрирование космических снимков и векторизация нарушенных земель

Работа выполнялась с использованием геоинформационной системы Quantum GIS.

Исходные данные – спутниковый снимок - представляет собой архив, содержащий файлы – набор файлов формата Geotiff, для каждой спектральной зоны отдельный файл. Для отображения снимков в естественных цветах либо псевдоцветных, необходимо соединить спектральные каналы снимка в один файл. Для этого используется расширение GDALTools. При создании композитного изображения необходимо указать исходные растры, которые будет содержать результирующий файл; настроит параметры объединения растров: склеить поканально, также заданы дополнительные параметры: COMPRESS=LZW - сжатие результата алгоритмом Лемпеля — Зива — Велча (Lempel-Ziv-Welch), TILED=YES – разбивка на тайлы, повышает скорость загрузки изображения, BIGTIFF=IF_NEEDED - при необходимости будет задействован режим BIGTIFF (рис. 11).

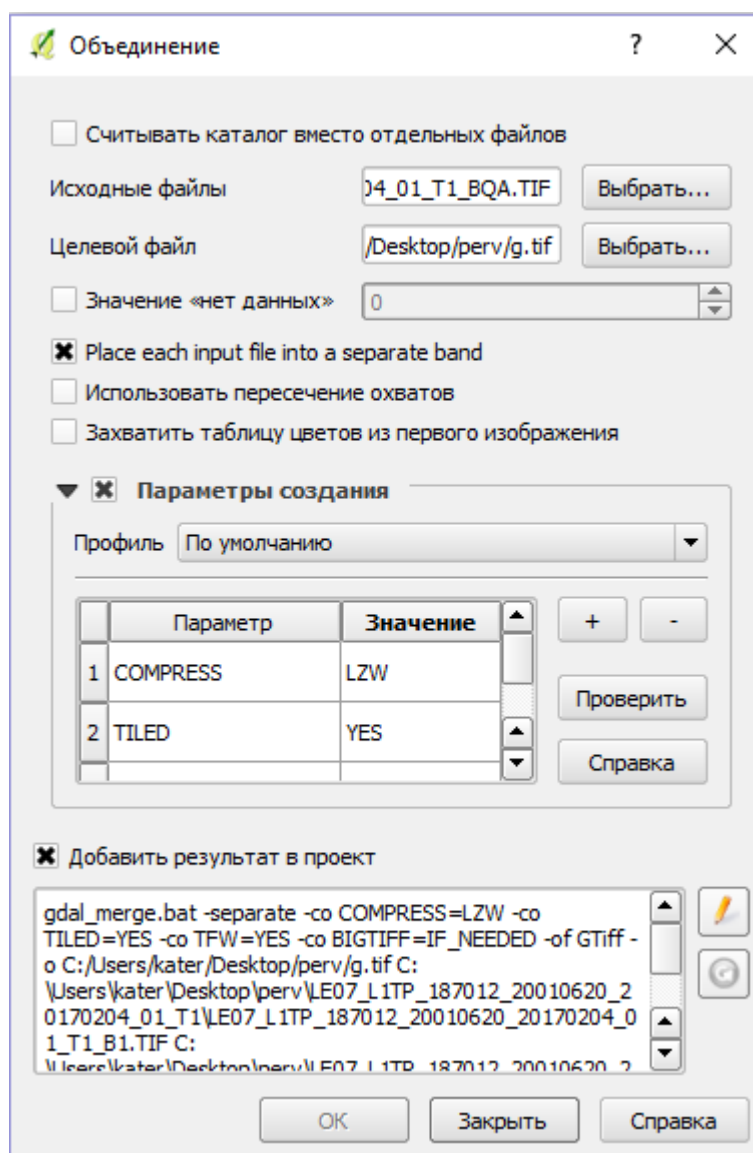


Рис.11. Параметры объединения каналов спутниковых снимков

В результате объединения создается файл – спутниковый снимок, формата Geotiff, содержащий спектральные каналы спутникового снимка. Для настройки отображения используются параметры: «Свойства слоя», на вкладке «Стиль» настраивается комбинация каналов снимка. Для снимков спутников Landsat-7 и Landsat-5 комбинация каналов для отображения снимка в естественных цветах (красный-зеленый-голубой): каналы 3-2-1; для спутника Landsat-8 – 4-3-2.

Обрезка спутниковых снимков до территории исследования выполняется с помощью инструмента: «Обрезка» раstra. Для этого создаются векторные слои границ исследуемой территории, по которым проводится обрезка спутникового снимка.

На подготовительном этапе дешифрирования, для определения местоположения нарушенных земель, используются данные: информационно-аналитической системы природопользования Мурманской области - месторождения общераспространенных полезных ископаемых и горные отводы действующих лицензий, для определения мест разработки полезных ископаемых; публичной кадастровой карты: земельные участки в пределах исследуемых районов, с видом разрешенного использования – для размещения промышленных объектов [11].

Краткая характеристика дешифрируемых объектов: карьер - совокупность выемок в земной коре, образованных при добыче полезных ископаемых открытым способом; отвал - техногенный массив, формируемый на специально отведённой площади из горных пород, получаемых в процессе разработки месторождения; хвостохранилище - комплекс специальных гидротехнических сооружений и оборудования, предназначенный для приёма и хранения отходов обогащения полезных ископаемых.

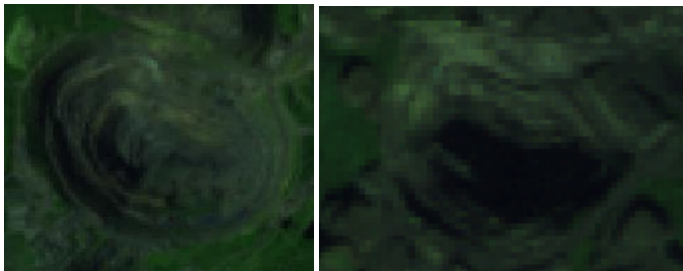
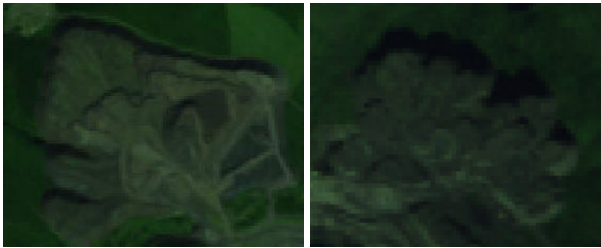
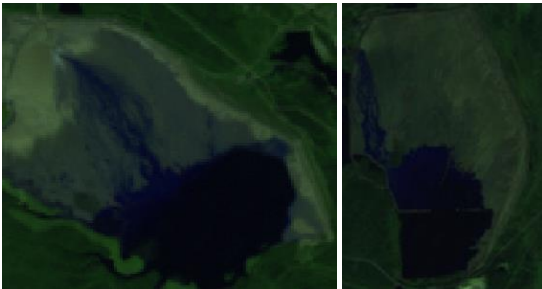
В качестве дополнительного материала при подготовке к дешифрированию также используется ГКИНП-02-121-79 (Руководство по дешифрированию аэроснимков при топографической съемке), в котором приведены основные дешифровочные признаки природно-техногенных объектов горно-промышленных предприятий. Так, места открытых разработок полезных ископаемых (карьеры) дешифрируются - видны крутостенные забои, нередко размещающиеся ярусами, а также подходящие к ним автомобильные дороги, следы вскрышных работ, отвалы пустой породы, различные землеройные механизмы и другая техника и т.п. Отвалы меднорудных карьеров обычно караваеобразные, с уплощенными вершинами, нередко имеют несколько ярусов. На снимках можно дешифрировать также идущие к отвалам автомобильные и канатные дороги, либо транспортеры. Шламо- и хвостохранилища обычно располагаются в котлованах или специальных «запрудах», выделяются темным тоном и распознаются по оконтуривающим валам.

Далее по спутниковым снимкам распознаются и выделяются нарушенные участки земель – проводится дешифрирование спутниковых снимков.

При выполнении дешифрирования рекомендуется создать свод данных, содержащий образцы изображения участков нарушенных земель на спутниковых снимках и описание дешифровочных признаков (табл. 8).

Таблица 8

Описание дешифровочных признаков нарушенных земель

Изображение в естественных цветах	Описание
Карьер	
	Пятна овальной формы, значительных размеров, полосы разного тона внутри объектов, имеют несколько ярусов
Отвал	
	Пятна сегментной формы с веерообразным рисунком, с уплощенными вершинами, ограничены полосой светлого тона
Хвостохранилище	
	Водный объект с большим по площади песчаным пляжем: вдоль границы объекта светлые пятна (твердые отходы), при переходе к воде тон темнеет, водный объект – темный тон

По результатам дешифрирования создаются векторные слои: нарушенные земли по состоянию на 2000 г., 2008 г., 2016 г. При создании векторных объектов заполняется атрибутивная информация: тип нарушенных земель; горно-промышленное предприятие, к которому относится нарушенный участок; площадь.

3.2.3. Определение динамики нарушенных земель

По результатам дешифрирования (векторные слои нарушенных земель) с использованием общегеографической основы (цифровая карта на основе данных OpenStreetMap), создаются карты динамики нарушенных земель (Приложение 3).

Для вычисления площади нарушенных земель в программе Quantum GIS, используется калькулятор полей, функция «\$area» (возвращает площадь полигона). Калькулятор полей проводит вычисления в системе координат слоя, для подсчета площади в метрах, необходимо для слоя указать прямоугольную систему координат. Динамика площади нарушенных земель с 2000 по 2016 год представлена в таблице 9.

Таблица 9

Динамика нарушенных земель

Предприятие		Тип нарушенных земель	Площадь нарушенных земель, кв. км			Изменение площади с 2000 по 2016 гг.	
			2000 г.	2008 г.	2016 г.	кв. км	%
АО "Ковдорский ГОК"		карьер	0,884	0,884	0,900	0,016	1,8
		отвал	1,279	1,360	1,819	0,540	42,2
		хвостохранилище	2,071	2,377	2,904	0,833	40,2
		всего	4,234	4,622	5,624	1,390	32,8
АО "Ковдорслюда"		карьер	0,072	0,072	0,072	0,000	0,0
		отвал	0,637	0,647	0,650	0,014	2,2
		хвостохранилище	0,262	0,271	0,271	0,009	3,4
		всего	0,970	0,990	0,994	0,023	2,4
АО "Оленегорский ГОК"	Комсомольское	карьер	0,071	0,109	0,111	0,040	56,3
		отвал	0,070	0,269	0,419	0,349	498,6
	Кировогорское	карьер	0,220	0,220	0,220	0,000	0,0
		отвал	0,836	0,883	0,938	0,102	12,2
	Оленегорское	карьер	0,154	0,189	0,193	0,038	24,7
		отвал	0,363	0,566	0,678	0,314	86,5
	Куркенпахк	карьер	0,000	0,000	0,076	0,076	100,0
		отвал	0,000	0,000	0,113	0,113	100,0
	Оленегорское	карьер	0,681	0,681	0,681	0,000	0,0
		отвал	1,710	1,716	1,716	0,006	0,4
		хвостохранилище	3,621	3,621	3,901	0,279	7,7
		всего	7,728	8,256	9,047	1,318	17,0

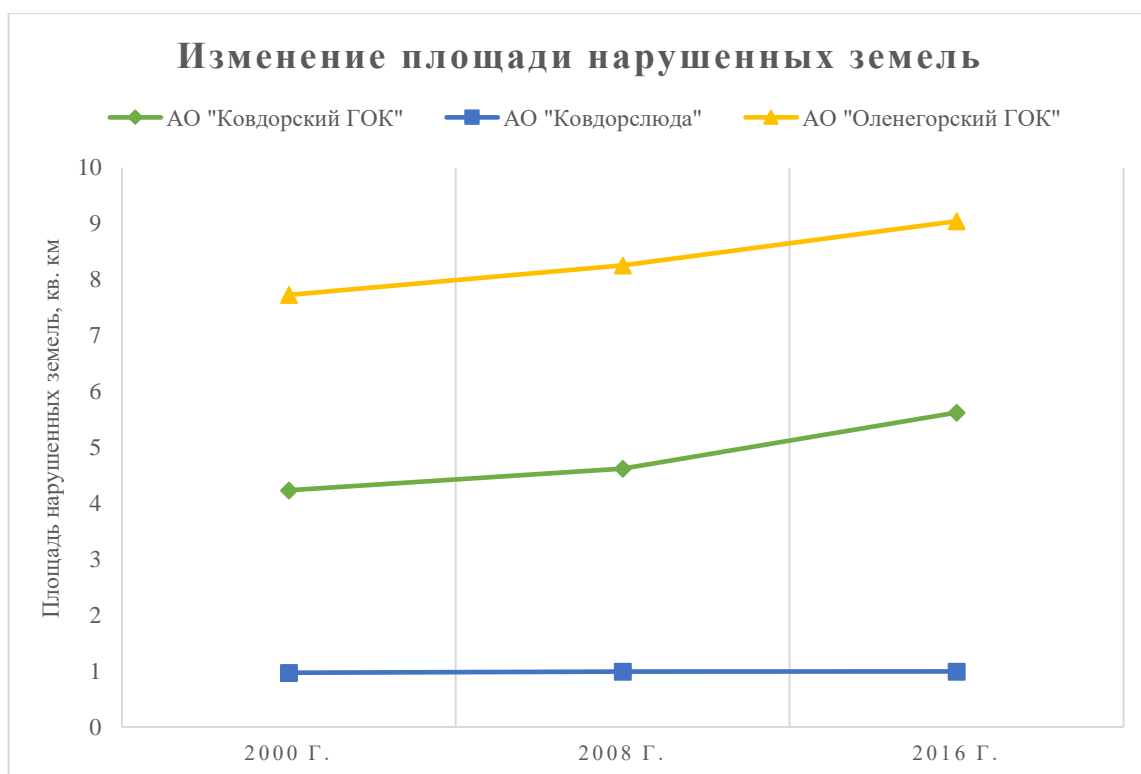


Рис.12. Динамика нарушенных земель

3.2.4. Прогноз развития нарушенных земель

Прогноз развития нарушенных земель выполняется в программе MS Excel, с помощью «Пакета анализа» данных – «Регрессия». Надстройка «Пакет анализа» содержит 19 статистических процедур и около 50 функций. Статистические процедуры, содержащиеся в надстройке, предоставляют широкий спектр средств для статистического анализа для решения инженерных и экономических задач. Средство «Регрессия» служит для построения линейного уравнения регрессии и вычисления всех характеристик по его качеству и значимости; теоретические (прогнозируемые) значения отклика и соответствующие остатки, и их графики и т.д.

Исходными данными для проведения анализа служат входные интервалы: зависимая переменная – Y – площадь нарушенных земель (на периоды 2000 г., 2008 г., 2016 г.); независимая переменная – X – временной период.

Результатом регрессионного анализа является: регрессионная статистика (значения коэффициента детерминации, стандартная ошибка); дисперсионная статистика; коэффициенты линейного уравнения регрессии (вычисленные по методу наименьших квадратов), среднеквадратические отклонения и другие статистические характеристики, отражающие значимость коэффициентов.

По результатам регрессионного анализа составляется прогноз площади нарушенных земель на 2024 г. (табл. 10, рис. 13-15).

Прогноз площади нарушенных земель

Предприятие		Тип нарушенных земель	Линейное уравнение регрессии	R-квадрат	Прогнозное значение площади на 2024 г., кв.км
АО "Ковдорский ГОК"		карьер	$y=0,0083x+0,8730$	0,750	0,906
		отвал	$y=0,2701x+0,9461$	0,860	2,026
		хвостохранилище	$y=0,4167x+1,6174$	0,977	3,284
АО "Ковдорслюда"		карьер	$y=0,072$	-	0,072
		отвал	$y=0,0070x+0,6309$	0,908	0,659
		хвостохранилище	$y=0,0046x+0,2587$	0,750	0,277
АО "Оленегорский ГОК"	Комсомольское	карьер	$y=0,0198x+0,0576$	0,788	0,137
		отвал	$y=0,1744x-0,0960$	0,993	0,602
	Кировогорское	карьер	$y=0,2205$	-	0,220
		отвал	$y=0,0513x+0,7830$	0,998	0,988
	Оленегорское	карьер	$y=0,0193x+0,1403$	0,827	0,218
		отвал	$y=0,1573x+0,2211$	0,973	0,850
	Оленегорское	карьер	$y=0,6811$	-	0,681
		отвал	$y=0,0030x+1,7085$	0,752	1,720
		хвостохранилище	$y=0,1397x+3,4351$	0,750	3,994

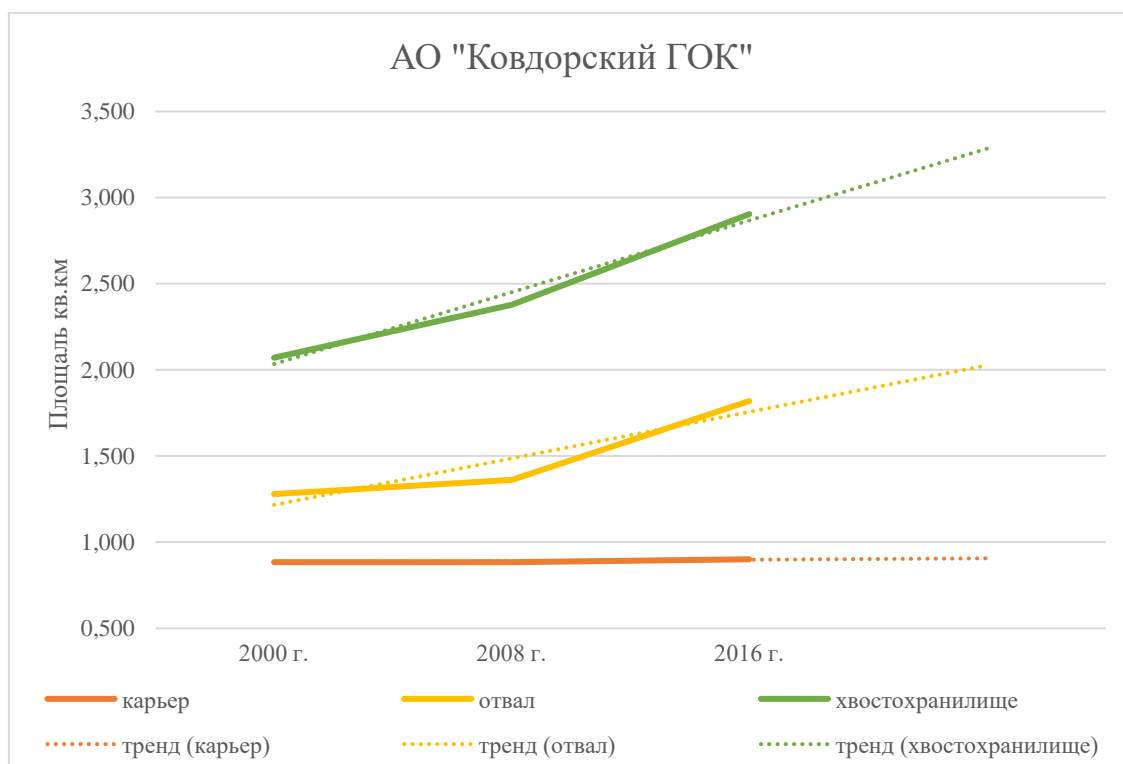


Рис.13. Прогноз развития нарушенных земель АО «Ковдорский ГОК»

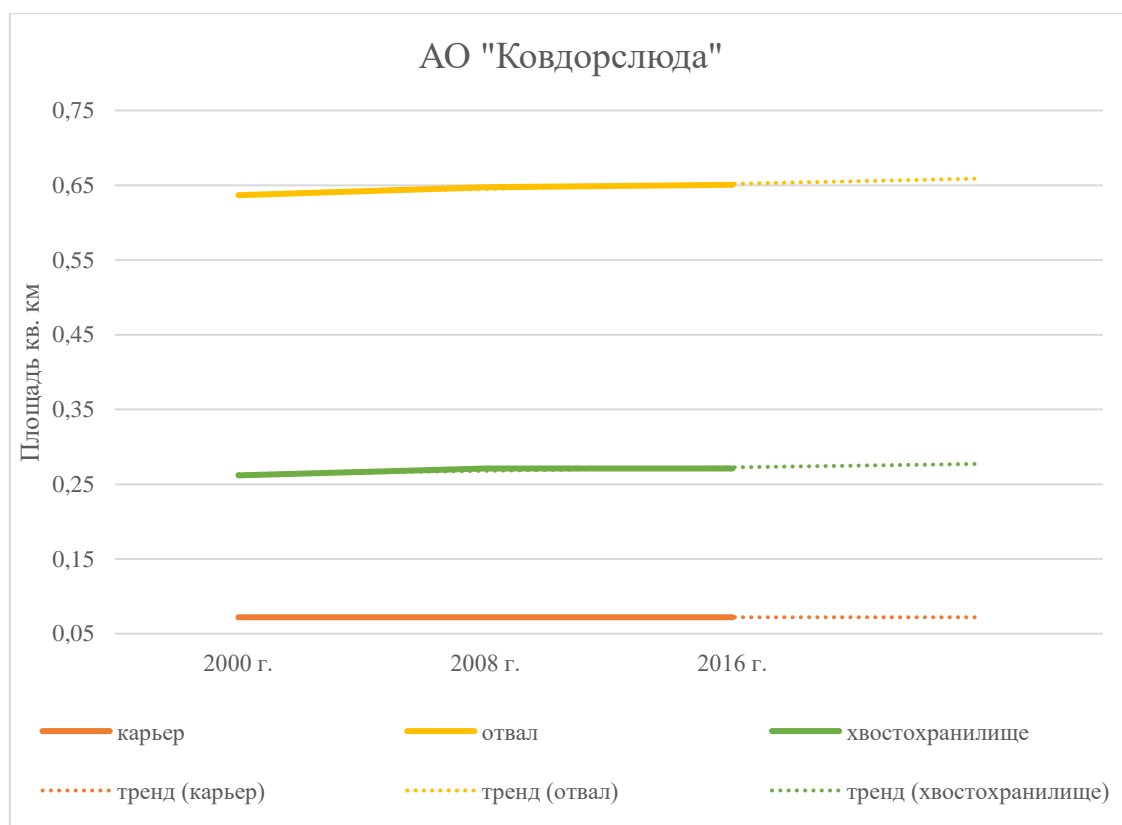


Рис.14. Прогноз развития нарушенных земель АО «Ковдорслюда»

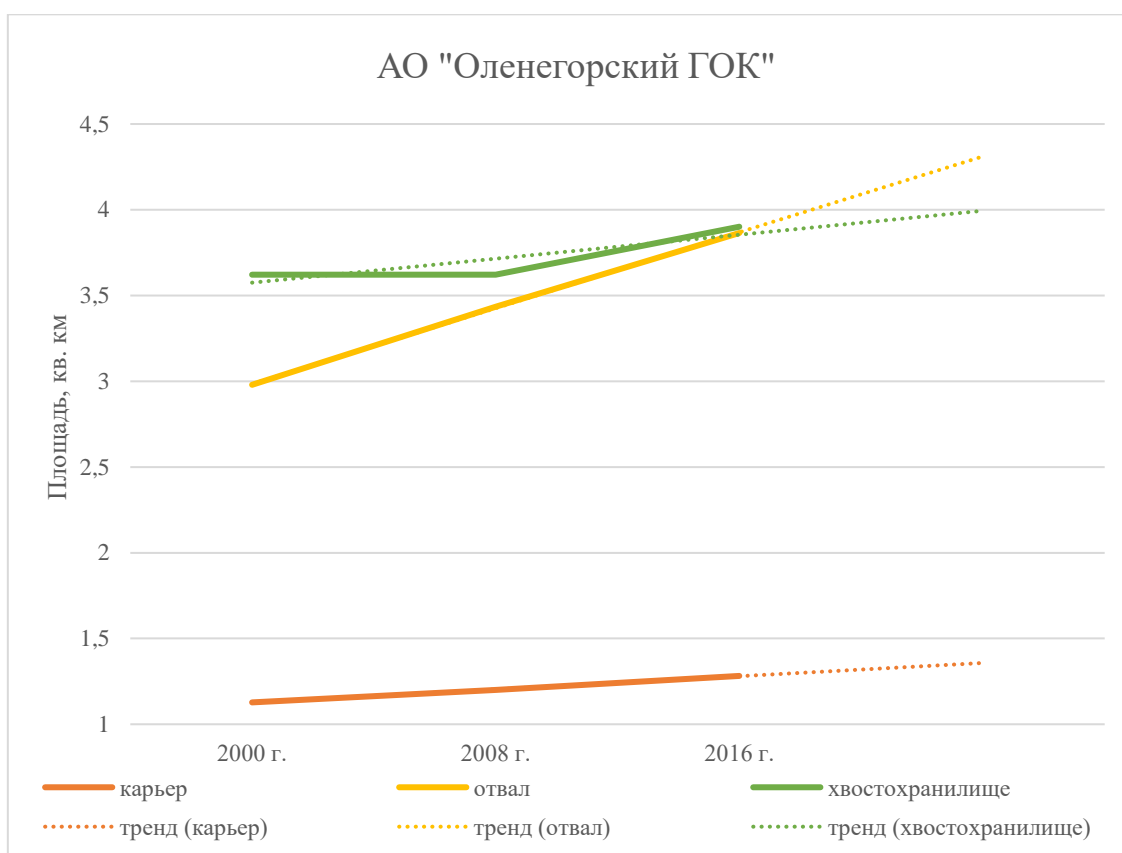


Рис.15. Прогноз развития нарушенных земель АО «Оленегорский ГОК»

3.2.5. Определение влияния нарушенных земель на окружающую среду

Оценка влияния нарушенных земель на растительность выполняется на основе вычисления вегетационных индексов: нормализованный дифференцированный вегетационный индекс (рис. 16а), зеленый нормализованный разностный вегетационный индекс (рис. 16б), нормализованный разностный водный индекс (рис. 17).

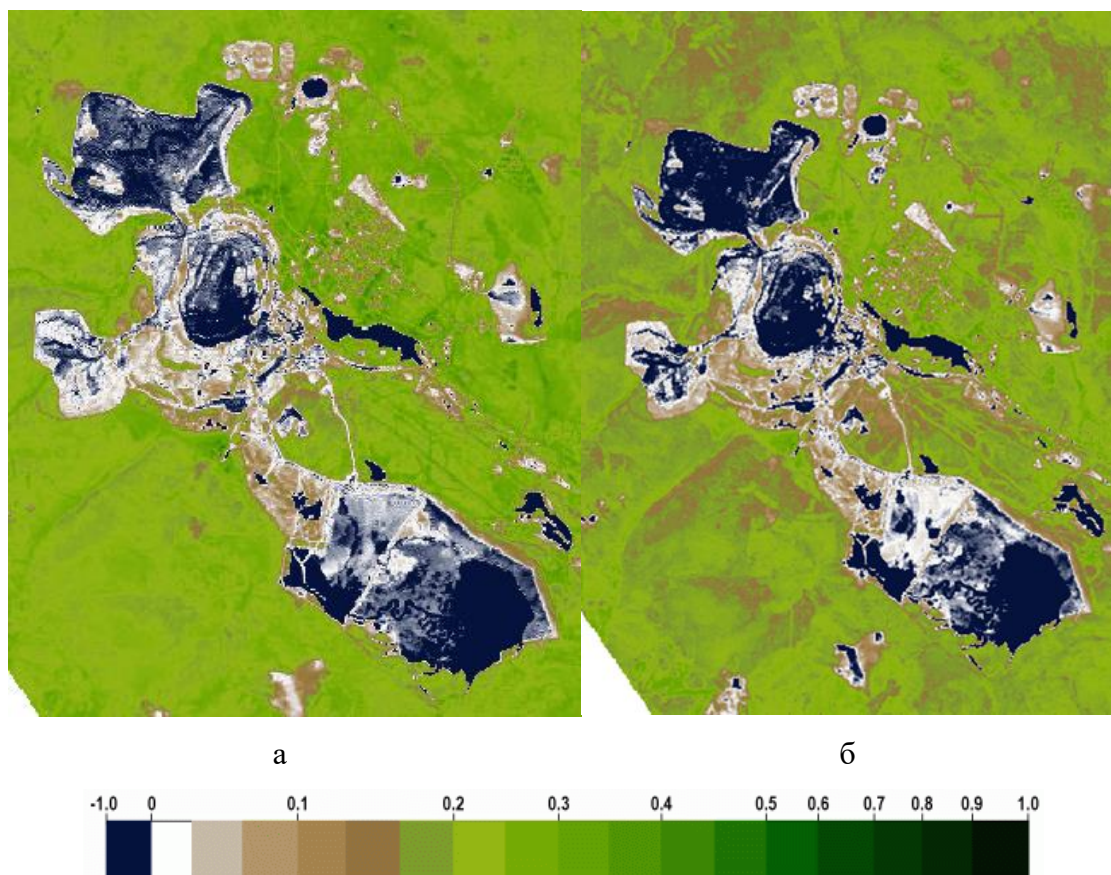


Рис. 16. Результат вычисления NDVI (а) и GNDVI (б), территория АО «Ковдорский ГОК», АО «Ковдорслюда»

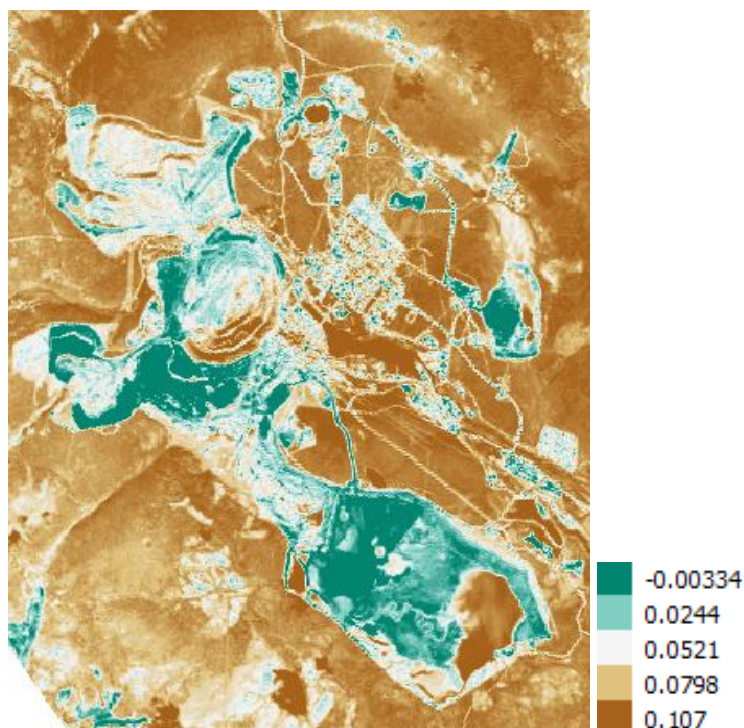


Рис. 17. Результат вычисления NDWI, территория АО «Ковдорский ГОК», АО «Ковдорслюда»

По результатам вычисления вегетационных индексов определено, что отвалы и карьеры не оказывают существенного негативного влияния на растительность, наибольшее влияние оказывают хвостохранилища.

3.2.6. Разработка рекомендаций

На основе анализа литературы, определены пути повышения эффективности использования земель [7, 12, 20, 24, 36, 42]:

- 1) компактное размещение объектов на промплощадках рудников, включая отвалы вскрышных пород, с использованием принципов multifunctionality;
- 2) расширенные размещения вскрышных пород в отработанном открытом и подземном горном пространстве;
- 3) использование вскрышных горных пород в качестве вторичного минерального сырья (переработка отвалов);
- 4) размещение отвалов пустых пород и попутных руд на малоудобных и малоценных для хозяйственной деятельности землях, повышающих емкость площадей;
- 5) рекультивация нарушенных площадей: Рудные карьеры, как правило, имеют внушительные размеры и восстановление таких выработок экономически и экологически не рентабельно. Возможно использование этих пространств для размещения любых хранилищ, подсобных цехов и т.п. В случае находящихся рядом перспективных к разработке месторождений следует рассматривать вопрос о целесообразности размещения

вскрыши от нового производства сразу же в отработанные карьеры (возможно для карьеров АО "Оленегорский ГОК").

Внешние отвалы крупных рудных карьеров региона не нарушают подземных массивов, находящихся под отвалами, не оказывают значительного влияния на режим поверхностной гидросети, но существенно изменяют ландшафт и в период отсыпки загрязняют атмосферу пылью. Как правило, отвалы стараются размещать на землях, не занятых лесом и не имеющих как хозяйственного, так и заповедного значения, поэтому отвалы в зонах практического распространения лесной растительности можно рекультивировать с целью производства лесопосадок. Устоявшиеся породные отвалы практически не загрязняют атмосферу пылью, поэтому не требуют каких-либо специальных мер борьбы с ней, но в зонах сильных ветров может быть и целесообразно, где это возможно, применить биологическую рекультивацию отвалов.

Отвалы хвостов обогатительных фабрик - источник загрязнения атмосферы пылью, загрязнения гидросетей и водоемов. В силу сыпучести материала (песок) хвостохранилища занимают значительные площади. Почти все хвостохранилища региона являются действующими, но имеются первоначальные участки, где уже закончен прием хвостов. Все такие участки и не используемые зоны хвостохранилищ требуют биологической рекультивации и могут быть использованы для расширения посевных площадей подсобных хозяйств и для целей строительства.

б) многофункциональное использование отвалов (дамбы, основания для техногенных месторождений, подпорные отвалы, насыпи транспортных коммуникаций).

Заключение

В результате проведения исследования достигнута поставленная цель – разработана методика и проведен мониторинг земель, нарушенных горно-промышленным комплексом на территории Мурманской области. В работе использованы материалы космической съемки, программное обеспечение Quantum GIS и методы эконометрического моделирования.

Итоги исследования:

- 1) разработана методика проведения мониторинга земель, нарушенных горно-промышленным комплексом;
- 2) составлены карты динамики нарушенных земель;
- 3) выполнен прогноз динамики нарушенных земель;
- 4) проведена оценка влияния нарушенных земель на растительный покров и разработаны рекомендации для повышения эффективности использования нарушенных земель.

Результаты выполненных теоретических и экспериментальных исследований могут быть использованы научными организациями, ведущими исследования в области мониторинга нарушенных земель, с целью оценки динамики нарушенных земель и предотвращения влияния негативных процессов на окружающую среду.

Разработанная методика базируется на материалах космических съемок для определения динамики нарушенных земель и регрессионном анализе для выполнения прогноза динамики нарушенных земель.

Список использованной литературы

1. "Земельный кодекс Российской Федерации" от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 31.12.2017).
2. Статистический ежегодник, 2016: Федеральная служба государственной статистики, Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Мурманской области / Мурманскстат, 2017 – 223 с.
3. Азарова С.В. Отходы горнодобывающих предприятий и комплексная оценка их опасности для окружающей среды (на примере объектов Республики Хакасия). Томск, 2005, 235 с.
4. Баденко В.Л. и др. Современные технологии мониторинга нарушенных земель в политехническом образовании по специализации «Маркшейдерское дело» //Современные технологии и развитие политехнического образования: международная научная конференция, г. Владивосток, 2015. С. 14-18.
5. Богданов В.Л. и др. Динамика нарушенных земель и качественного состава хвостов на горно-обогатительном комбинате //Сборник докладов молодежной научно-практической конференции в рамках XLIII Недели науки СПбПУ. СПб: ФГАОУ ВО "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2014. С. 34-36.
6. Борисов Б.З., Борисов З.З. Опыт использования спутниковых снимков высокого и среднего разрешения в мониторинге наземных экосистем в районе деятельности субарктического алмазодобывающего предприятия //Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, 2011. Т. 8. № 1. С. 5-10.
7. Варламов А.А., Захарова С.Н. Мониторинг земель: Учеб. пос. М: ГУЗ, 2000, 158 с.
8. Воробьев О.Н., Курбанов Э.А. Спутниковый мониторинг недропользования в республике Марий Эл //Геоматика, 2015. №. 1. С. 44-51.
9. Востриков В.И., Ружич В.В., Федеряев О.В. Система мониторинга обвалоопасных участков бортов глубоких карьеров //Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 2009. № 6. С. 117-126.
10. Галикеева Г.Г., Зайцева Е.В. Использование ГИС-технологий в землеустройстве //NovaInfo. Ru, 2016. Т. 3. № 57. С. 177-181.
11. Гальперин А.М. и др. Инженерно-геологическое обеспечение экологически безопасного освоения горнопромышленных природно-техногенных систем //Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология, 2012. № 6. С. 520-526.
12. Гальперин А.М., Ферстер В., Шеф Х.Ю. Техногенные массивы и охрана окружающей среды. М.: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2001, 534 с.
13. Ганиева И.А., Ижмулкина Е.А., Зеньков И.В. Разработка информационно-аналитической системы для мониторинга воздействия угольной промышленности на

окружающую среду и прогнозирования сроков нейтрализации загрязнений и восстановления биологической продуктивности техногенных ландшафтов //Горный информационно-аналитический бюллетень, 2015. № S1-2. С. 190-203.

14. Гарманов В.В. и др. Использование материалов мониторинга земель в процессе управления землепользованием //Сборник докладов молодежной научно-практической конференции в рамках XLIII Недели науки СПбПУ. СПб: ФГАОУ ВО "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2014. С. 37-40.

15. Гилёва Л.Н. Мониторинг нарушенных земель на территории Пуровского района ЯНАО //Вестник Омского государственного аграрного университета, 2011. № 3 (3). С. 57-61.

16. Голик В.И., Полухин О.Н., Петин А.Н., Комащенко В.И. Экологические проблемы разработки рудных месторождений КМА // Горный журнал, 2013. № 4. С. 91-94.

17. Горбунов В.А., Кантемиров Ю.И. Результаты космического радарного мониторинга деформаций бортов и уступов карьеров ОАО «Гайский ГОК» и смещений земной поверхности и сооружений на промышленной площадке предприятия //Геоматика, 2013. №2. С. 70-76.

18. Горохов Д.А. и др. Инструментальные наблюдения за деформациями техногенных объектов //Интерэкспо Гео-Сибирь, 2017. Т. 1. № 1. С. 135-139.

19. Двинских, С.А. Возможности использования системного подхода в изучении географических пространственно-временных образований. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1992, 245 с.

20. Ефимов В.И., Рыбак Л.В. Производство и окружающая среда. М.: МГГУ, 2012, 336 с.

21. Заяц В. В., Зеньков И. В., Юронен Ю. П. Информационное обеспечение дистанционного мониторинга экологического состояния нарушенных земель на угольных разрезах Приморского края //Решетневские чтения. 2017. №. 21-1. С. 404-406.

22. Зеньков И.В. Дистанционное зондирование и горно-экологический мониторинг в открытых горных работах //Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2015. № S1-1. С. 401-417.

23. Калабин Г.В., Воробьев А.Е., Титова А.В., Салазкин М.Г. Количественная оценка изменений природной среды северных территорий под воздействием горнопромышленных комплексов // «Биоразнообразие растительного покрова Крайнего Севера: Инвентаризация, мониторинг, охрана». Сыктывкар: КНЦ УрО РАН, 2006. С. 37-40.

24. Капелькина Л.П. О естественном зарастании и рекультивации нарушенных земель Севера //Успехи современного естествознания. 2012. № 11-1. С. 98-102.

25. Карпик, А.П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий. Новосибирск: СГГА, 2014, 260 с.

26. Карпухин С.С., Бровко Е.А., Игнатьев В.Ф. Аэрокосмическое и картографическое обеспечение экологического мониторинга территорий интенсивного недропользования //Маркшейдерский вестник, 2004. № 4. С. 52-56.
27. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. — М.: Издательский центр «Академия», 2004. — 336 с., [32] с. цв. ил.: ил.
28. Кривоконева Е.Ю., Гончарова И.Ю. Мониторинг земель с применением ГИС-технологий //Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, 2011. № 4. С. 13-16.
29. Курганович К.А., Носкова Е.В. Использование водных индексов для оценки изменения площадей водного зеркала степных содовых озер юго-востока Забайкалья, по данным дистанционного зондирования //Вестник Забайкальского государственного университета. 2015. №. 6 (121). С. 16-24.
30. Лабутина И.А., Балдина Е.А. Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга экосистем ООПТ. М.: WWF России, 2011, 88 с.
31. Лебедев А. В., Чуркин О. Е. Горно-добывающая промышленность //Минеральные ресурсы России. Экономика и управление, 2008. №. 4. С. 81-87.
32. Лебедева Т.А., Копылова Ю.Ю., Гагарин А.И. Комплексный мониторинг и эколого-экономическая оценка лесных земель на территориях интенсивного недропользования //Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2015. Т. 17. № 5-2. С. 500-504.
33. Лепехин П.П., Тетерюков Е.П. Развитие мониторинга земель недропользования //Известия вузов. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель, 2017. № 2. С.23-28.
34. Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика. Начальный курс: Учебник. — М.: Дело, 2004. - 576 с.
35. Маслобоев В.А. и др. Исследование взаимодействия минералов хвостов обогащения апатито-нефелиновых руд с почвенными водами // Материалы Междунар. совещания «Современные методы технологической минералогии в процессах комплексной и глубокой переработки минерального сырья» («Плаксинские чтения-2012»). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2012. С. 333-335.
36. Месяц С.П., Петряшева Е.М., Бурков Е.В. Информационное обеспечение адаптивных технологий восстановления нарушенных земель горного производства //Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2009. № 10. С. 180-185.

37. Мещанинова Е.Г. Управление земельными ресурсами с использованием ГИС-технологий // Молодежная аграрная наука: состояние, проблемы и перспективы развития. Ставрополь: АГРУС, 2007. С. 550-551.
38. Миртова И.А. Анализ нарушенных земель для организации аэрокосмического мониторинга предприятия // Известия высших учебных заведений: геодезия и аэрофотосъемка, 2010. №4. С. 93-96.
39. Некос А.Н., Некос В.Е., Щукин Г.Г. Дистанционные методы исследований природных объектов. СПб: РГГМУ, 2009, 318 с.
40. Нечаева Е.Г. и др. Мониторинг и прогнозирование вещественно-динамического состояния геосистем сибирских регионов. М.: Наука, 2010, 315 с.
41. Овешников Ю.М., Рязанцев С.С. Прогнозирование нарушения земель и изменения характера землепользования на Жирекенском ГОК // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2009. Т. 5. №. 12. С. 297-302.
42. Поршакова А.Н. Мониторинг земель. Пенза: ПГУАС, 2014, 136 с.
43. Пронько Н.А., Корсак В.В., Крашенинников Д.А., Геоинформационный мониторинг нарушенных при обращении твердых бытовых отходов земель сухостепного Заволжья // Аграрный научный журнал, 2017. № 12. С. 73-76.
44. Ряховский В.М., Шкотин А.В., Похно С.А. Инфраструктура пространственных данных техногенных отходов горно-обогатительных производств // ArcReview, 2017. № 2.
45. Светличная Д.А. Концепция региональной геоинформационной системы оценки и управления природно-ресурсным потенциалом региона // Бизнес Информ, 2012. № 11. С. 111-115.
46. Семячков А.И. и др. Инженерно-геологические изыскания и экологический мониторинг как основа рекультивации нарушенных земель // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2012. №. 3. С. 85-89.
47. Скибарко А.П. Экологические аспекты землепользования промышленно-урбанизированных территорий в условиях загрязнения земель // Землеустройство, кадастр и геопропространственные технологии: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., 2011. С. 262-268.
48. Славиковская Ю.О., Рудакова Л.В., Рудаков Р.Б. Оценка последствий техногенного воздействия предприятий горнопромышленного комплекса на окружающую среду // Журнал экономической теории, 2016. № 4. С. 124-137.
49. Сладкопцев С.А., Богданова А.А, Глобальные аспекты аэрокосмического мониторинга нарушенных земель // Известия высших учебных заведений: Геодезия и аэрофотосъемка, 2011. № 1. С. 80-87.

50. Сорокин А.П., Стрелков С.П. Мониторинг и прогнозирование эволюционных и деградационных изменений сельскохозяйственных земель с помощью ГИС. Астрахань: издатель Роман Васильевич Сорокин, 2014, 189 с.
51. Статакис Д., Перакис К., Савин И.Ю. Дешифрирование урбанизированных территорий по спутниковым данным Landsat // Исследование Земли из космоса. 2012. № 5. С. 22.
52. Степанов А.Н. Экологические проблемы рекультивации нарушенного почвенного покрова и земель. Методическое пособие. М., 2005.
53. Стуженко Н.И. и др. Теоретические основы построения региональных систем мониторинга //Инженерный вестник Дона, 2015. Т. 38. № 4-1.
54. Тарбаев В.А. и др. Комплексный мониторинг земель с применением ГИС-технологий //Международный научно-исследовательский журнал, 2016. № 6 (48) Часть 5. С. 156-160.
55. Тимофеева Ю.Р., Степанова Е.А., Богданов В.Л. Биологическая рекультивация нарушенных земель горнопромышленным комплексом (на примере ОАО «Апатит») //Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, 2016. № 42. С. 294-299.
56. Усманова Т.В., Азарова С.В. Экологические проблемы в районах размещения горнопромышленных отходов //Современные проблемы науки и образования, 2014. № 2. С. 684-684.
57. Фомин С.И., Фауль А.А. Способы снижения экологической нагрузки на горно-добывающие регионы //Записки Горного института, 2013. Т. 203. С. 215-219.
58. Хорошева Т.А. Реализация проекта геоэкологического мониторинга рекультивации нарушенных земель в среде Quantum GIS //Фундаментальные научные исследования: теоретические и практические аспекты. Кемерово: ООО "Западно-Сибирский научный центр", 2016. С. 362-365.
59. Цветков В.Я. Мониторинг земель // Современные проблемы науки и образования. – 2008. – № 4. С. 49-50.
60. Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы //Геоматика, 2009. № 3. С. 28–32.
61. Шибалова Г.В. Возможности применения дистанционного зондирования для сбора информации о нарушенных землях //Природообустройство, 2010. № 4. С. 14-18.
62. Школьный И.А., Зеньков И.В. Результаты дистанционного зондирования трансформации природной экосистемы на территории горнопромышленного района Бонао в Доминиканской Республике //Решетневские чтения, 2015. Т. 1. № 19. С. 312-314.
63. Шугаипова Л.Р. Экологический мониторинг нарушенных земель и растительности горнопромышленного производства при помощи ГИС– систем // Новые технологии в

промышленности, науке и образовании, сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, 2017. С.184-186.

64. Юдин Е.А., Наймушина Е.А. Возможности использования ГИС-технологий при мониторинге нарушенных земель //Роль молодых ученых в решении актуальных задач АПК, 2017. С. 245-249.

65. Юшкин В.Ф. Методы трехмерного моделирования породных массивов при исследованиях геомеханических свойств и ведении горных работ //Интерэкспо Гео-Сибирь, 2015. Т. 2. № 3. С. 293-297.

66. Indicators of sustainable development: Guidelines and methodologies. – NY: United Nations Publications, 2007. - 393 p.

67. Cane I. et al. Responsible mining in Mongolia: enhancing positive engagement. St Lucia (Australia): Sustainable Minerals Institute, 2015. - 95 p.

68. Chaussard E., Kerosky S. Characterization of black sand mining activities and their environmental impacts in the Philippines using remote sensing //Remote Sensing, 2016. Т. 8. №2. P. 100-104.

69. Chen A., Darbon J., Morel J. M. Landscape evolution models: A review of their fundamental equations //Geomorphology, 2014. Т. 219. P. 68-86.

70. Demirel N., Emil M.K., Duzgun H.S. Surface coal mine area monitoring using multi-temporal high-resolution satellite imagery //International journal of Coal geology, 2011. Т. 86. № 1. P. 3-11.

71. Dixon W., Chiswell B. Review of aquatic monitoring program design //Water research, 1996. Т. 30. № 9. P. 1935-1948.

72. El Baroudy A.A. Monitoring land degradation using remote sensing and GIS techniques in an area of the middle Nile Delta, Egypt //Catena, 2011. Т. 87. № 2. P. 201-208.

73. Halwatura D., Lechner A.M., Arnold S. Drought severity–duration–frequency curves: a foundation for risk assessment and planning tool for ecosystem establishment in post-mining landscapes //Hydrology and Earth System Sciences, 2015. Т. 19. № 2. P. 1069-1091.

74. Hovsepyan A. The assessment of the actual status of lands disturbances in the context of Syunik region mining industry //Annals of Agrarian Science, 2017. Т. 15. № 3. P. 300-303.

75. Howieson J. et al. Bread from stones: Post-mining land use change from phosphate mining to farmland //The Extractive Industries and Society, 2017. Т. 4. № 2. P. 290-299.

76. Jensen J.R. Introduction to Digital Image Processing: A remote sensing perspective, 2nd edition, Piscataway, NJ: Prentice Hall. 1996. 544 p.

77. Karan S.K., Samadder S.R., Maiti S.K. Assessment of the capability of remote sensing and GIS techniques for monitoring reclamation success in coal mine degraded lands //Journal of environmental management, 2016. T. 182. P. 272-283.
78. Lechner A.M. et al. Challenges of integrated modelling in mining regions to address social, environmental and economic impacts //Environmental Modelling & Software, 2017. T. 93. P. 268-281.
79. Lechner A.M., Kassulke O., Unger C. Spatial assessment of open cut coal mining progressive rehabilitation to support the monitoring of rehabilitation liabilities //Resources Policy, 2016. T. 50. P. 234-243.
80. Lei K., Pan H., Lin C. A landscape approach towards ecological restoration and sustainable development of mining areas //Ecological Engineering, 2016. T. 90. P. 320-325.
81. Li N., Yan C.Z., Xie J.L. Remote sensing monitoring recent rapid increase of coal mining activity of an important energy base in northern China, a case study of Mu Us Sandy Land //Resources, Conservation and Recycling, 2015. T. 94. P. 129-135.
82. Lima A.T. et al. The legacy of surface mining: Remediation, restoration, reclamation and rehabilitation //Environmental Science & Policy, 2016. T. 66. P. 227-233.
83. Liu L., Zhou J. S. Long-term remote sensing monitoring coal mining activity in resource-based cities: a case study of Qitaihe City, Northeastern China //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2017. T. 52. № 1. P. 012088.
84. Manna A., Maiti R. Alteration of Surface Water Hydrology by Opencast Mining in the Raniganj Coalfield Area, India //Mine Water and the Environment, 2016. T. 35. № 2. P. 156-167.
85. Naydenova V., Roumenina E. Monitoring the mining effect at drainage basin level using geoinformation technologies //Open Geosciences, 2009. T. 1. № 3. P. 318-339.
86. Popelková R., Mulková M. The mining landscape of the Ostrava-Karviná coalfield: Processes of landscape change from the 1830s to the beginning of the 21st century //Applied Geography, 2018. T. 90. P. 28-43.
87. Rogan J., Miller J. Integrating GIS and Remotely Sensed Data for Mapping Forest Disturbance and Change. 2006. P. 133-161.
88. Söderholm K. et al. Environmental regulation and competitiveness in the mining industry: Permitting processes with special focus on Finland, Sweden and Russia //Resources Policy, 2015. T. 43. P. 130-142.
89. Vogelmann J.E. et al. Perspectives on monitoring gradual change across the continuity of Landsat sensors using time-series data //Remote Sensing of Environment, 2016. T. 185. P. 258-270.

90. <https://gov-murman.ru/info/news/178861/> - Официальный портал правительства Мурманской области: В правительстве Мурманской области состоялось рабочее совещание по ситуации на ООО «Ковдорслюда», 10.02.2018
91. <http://atlas.mcx.ru/materials/egrpr/content/adm/adm51.html> - Единый государственный реестр почвенных ресурсов России, Мурманская область, 8.02.2018
92. <http://aim.landscapetoolbox.org/benchmarks/> - From Information to Action: Monitoring Objectives, Benchmarks and Required Proportions 2016, 07.10.2017
93. <https://www.gim-international.com/content/article/surveying-in-the-mining-sector> - Wim van Wegen, An Overview of Geospatial Methods in Mining Engineering, 20.03.2018

Приложения

Приложение 1 – Нормативно-правовая основа мониторинга земель

**Приложение 2 – Реестр действующих лицензий на право пользования недрами
Мурманской области**

Приложение 3 – Карты динамики нарушенных земель

Нормативно-правовая основа мониторинга земель

Мониторинг земель регламентируется статьей 67 Земельного кодекса РФ, согласно которой государственный мониторинг земель (часть государственного экологического мониторинга) – «система наблюдений, оценки и прогнозирования, направленных на получение достоверной информации о состоянии земель, об их количественных и качественных характеристиках, их использовании и о состоянии плодородия почв».

Разделяют мониторинг использования земель (наблюдение за использованием земель в соответствии с их целевым назначением) и мониторинг состояния земель (наблюдение за изменением количественных и качественных характеристик земель). Результаты мониторинга хранятся в государственном фонде данных государственного экологического мониторинга, данные общедоступны.

В соответствии с пунктом 5.1.13 постановления Правительства Российской Федерации от 01.06.2009 № 457 «О Федеральной службе государственной регистрации, кадастра и картографии» Росреестр осуществляет государственный мониторинг земель (за исключением земель сельскохозяйственного назначения).

Порядок осуществления государственного мониторинга земель установлен приказами: Минэкономразвития России от 26.12.2014 № 852 «Об утверждении Порядка осуществления государственного мониторинга земель, за исключением земель сельскохозяйственного назначения»; Министерства сельского хозяйства РФ от 24 декабря 2015 г. №664 "Об утверждении Порядка осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения".

В рамках государственного мониторинга земель осуществляются:

- систематические наблюдения за фактическим состоянием и использованием земель,
- выявление изменений состояния земель,
- оценка качественного состояния земель с учетом воздействия природных и антропогенных факторов,
- оценка и прогнозирование развития негативных процессов, обусловленных природными и антропогенными воздействиями,
- выработка предложений о предотвращении негативного воздействия на земли, об устранении последствий такого воздействия,
- обеспечение органов государственной власти, органов местного самоуправления, юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и граждан информацией о состоянии земель.

Государственный мониторинг земель осуществляется с использованием:

- а) дистанционного зондирования (съемки и наблюдения с космических аппаратов, самолетов, с помощью средств малой авиации и других летательных аппаратов);
- б) сети постоянно действующих полигонов, эталонных стационарных и иных участков;
- в) наземных съемок, наблюдений и обследований (сплошных и выборочных);
- г) сведений, содержащихся в государственном кадастре недвижимости;
- д) землеустроительной документации;
- е) материалов инвентаризации и обследования земель, утвержденных в установленном порядке;
- ж) сведений о количестве земель и составе угодий, содержащихся в актах органов государственной власти и органов местного самоуправления;
- з) данных, представленных органами государственной власти и органами местного самоуправления;
- и) результатов обновления картографической основы (результатов дешифрирования ортофотопланов или сведений топографических карт и планов);
- к) данных государственного лесного реестра, а также лесохозяйственных регламентов лесничеств (лесопарков).

При проведении мониторинга состояния земель выявляются изменения качественных характеристик состояния земель под воздействием следующих негативных процессов: подтопления и затопления, переувлажнения, заболачивания, эрозии, опустынивания земель, загрязнения земель тяжелыми металлами, радионуклидами, нефтью и нефтепродуктами, другими токсичными веществами, захламления отходами производства и потребления, вырубок и гарей на землях лесного фонда, образования оврагов, оползней, селевых потоков, карстовых и других процессов и явлений, влияющих на состояние земель.

Показателями мониторинга состояния земель являются:

- а) количественные показатели состояния земель (площади земель соответствующей категории, вида разрешенного использования, санитарно-защитных зон и др. и количество объектов, сведения о которых внесены в государственный кадастр недвижимости);
- б) качественные показатели состояния земель (с указанием степени развития негативного процесса (площадь земель подверженных эрозии, опустыниванию, загрязнению и др.)).

Оценка состояния земель выполняется путем анализа ряда последовательных наблюдений, направленности и интенсивности изменений и сравнения полученных

показателей со значениями базового наблюдения и нормативного показателя. Показатели состояния земель выражаются как в абсолютных, так и в относительных значениях, отнесенных к определенному периоду или сроку.

Росреестр устанавливает Единую систему показателей государственного мониторинга земель. Каждый объект мониторинга описывается набором показателей, определяющих характер его систематического использования или степень пригодности к использованию для конкретных хозяйственных целей, а также присущие ему природные и антропогенные признаки.

По результатам оценки состояния земель составляются прогнозы и рекомендации с приложением к ним тематических карт, диаграмм и таблиц, характеризующих динамику и направление развития изменений, в особенности имеющих негативный характер. Информация, полученная при осуществлении государственного мониторинга земель, предоставляется оператору государственного фонда данных государственного экологического мониторинга, используется при подготовке государственного доклада о состоянии и использовании земель в Российской Федерации.

Согласно ГОСТ 17.5.1.01-83. Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения, нарушенные земли – это земли, утратившие в связи с их нарушением первоначальную хозяйственную ценность и являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду. Для восстановления нарушенных земель проводят рекультивацию - комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества.

Рекультивация земель регламентируется Постановлением Правительства РФ от 23.02.1994 №140 "О рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы" и Приказом Минприроды РФ и Роскомзема №525/67 от 22.12.1995 "Об утверждении Основных положений о рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы". Деятельность в области мелиорации земель регламентирует Федеральный закон от 10.01.1996 №4-ФЗ (ред. от 05.04.2016) "О мелиорации земель".

В ГОСТ 17.5.1.02-85 Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации приводится две классификации:

- по направлениям рекультивации в зависимости от видов последующего использования в народном хозяйстве;
- по техногенному рельефу для рекультивации.

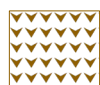
Разработка проектов рекультивации осуществляется на основе действующих экологических, санитарно-гигиенических, строительных, водохозяйственных, лесохозяйственных и других нормативов и стандартов с учетом региональных природноклиматических условий, и месторасположения нарушенного участка.

Оценка состояния земель приведена в Указе Президента РФ от 19.04.2017 №176 "О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года". Площадь нарушенных земель, утративших свою хозяйственную ценность или оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, составляет более 1 млн. гектаров.

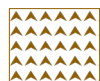
Реестр действующих лицензий на право пользования недрами Мурманской области

Наименование недропользователя	Наименование участка недр	Районы расположения участка недр	Площадь участка недр (кв.км)	Полезное ископаемое
АО "Оленегорский горно-обогатительный комбинат"	месторождения Оленегорское, Кировогорское, им. проф. Баумана, XV лет Октября	Оленегорский	8,16	железная руда
АО "Оленегорский горно-обогатительный комбинат"	месторождение Куркенпахк	Оленегорский	0,3	руды железные
АО "Оленегорский горно-обогатительный комбинат"	месторождение Комсомольское	Оленегорский	1,08	железистые кварциты
АО "Оленегорский горно-обогатительный комбинат"	Восточный участок Южно-Кахозерского месторождения	Оленегорский	1,77	железная руда
АО "Ковдорский горно-обогатительный комбинат"	Ковдорское месторождение	Ковдорский	2,3	апатит- штаффелитовая руда
АО "Ковдорский горно-обогатительный комбинат"	Глубокие горизонты Ковдорского месторождения	Ковдорский	3,136	магнетитовая и апатитовая руда
АО "Ковдорский горно-обогатительный комбинат"	Ковдорское месторождение	Ковдорский	3,14	магнетитовая и апатитовая руда
АО "Ковдорский горно-обогатительный комбинат"	Техногенное месторождение хвостов обогащения апатит-магнетитовых 1-го поля хвостохранилища	Ковдорский	2,94	отходы
АО "Слюдяная фабрика"	отвалы некондиционного флогопита (техногенное месторождение)	Ковдорский	0,14	флогопит
ООО "Кольский пегматит"	Куру-ваара	Ковдорский	0,807	керамический пегматит

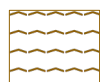
Условные обозначения карт динамики нарушенных земель



карьеры (по состоянию на 2000 г.)



отвалы (по состоянию на 2000 г.)



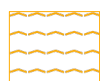
хвостохранилища (по состоянию на 2000 г.)



карьеры (по состоянию на 2008 г.)



отвалы (по состоянию на 2008 г.)



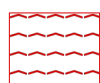
хвостохранилища (по состоянию на 2008 г.)



карьеры (по состоянию на 2016 г.)



отвалы (по состоянию на 2016 г.)



хвостохранилища (по состоянию на 2016 г.)

○ населенные пункты

— автомобильные дороги

— железные дороги



озера

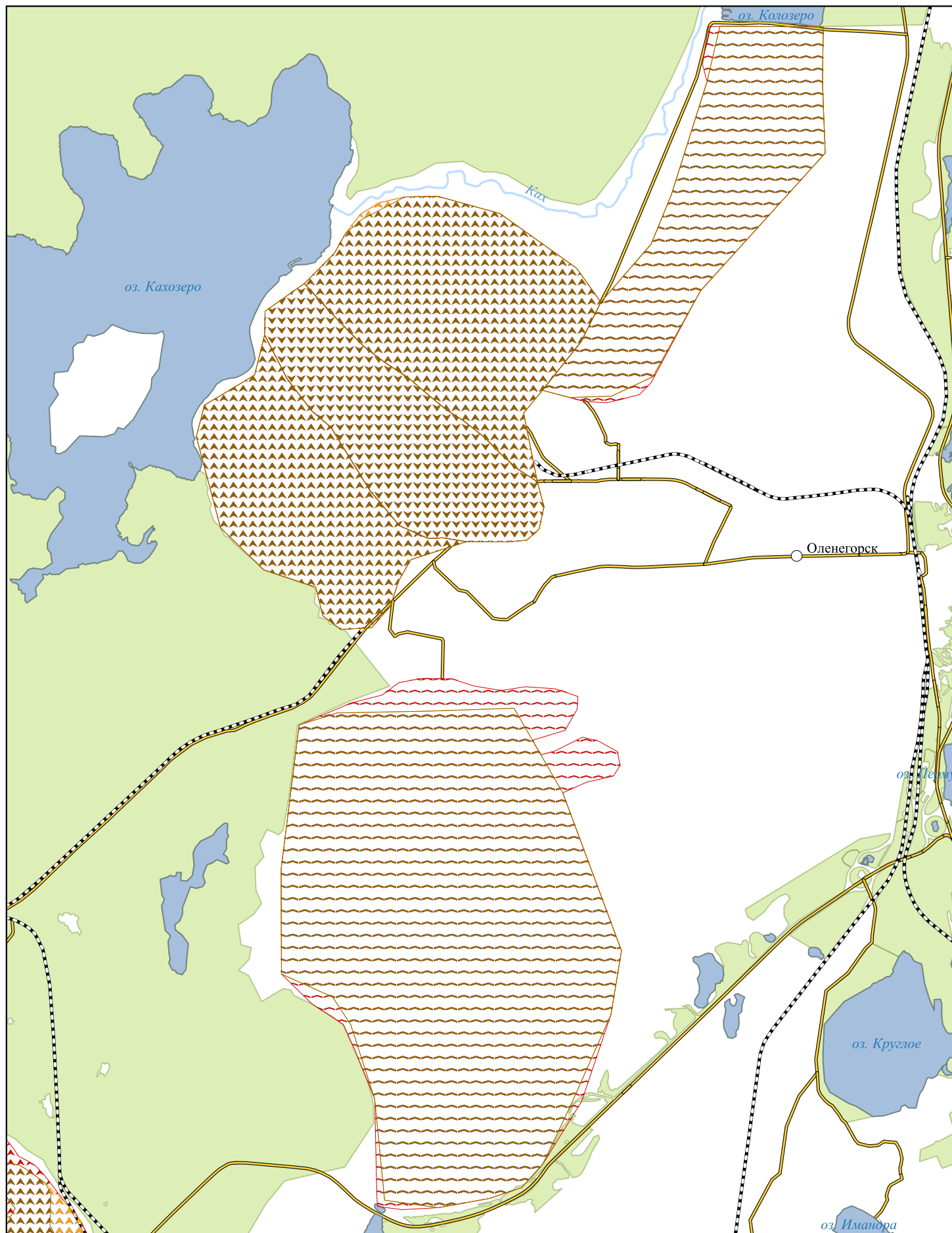


реки



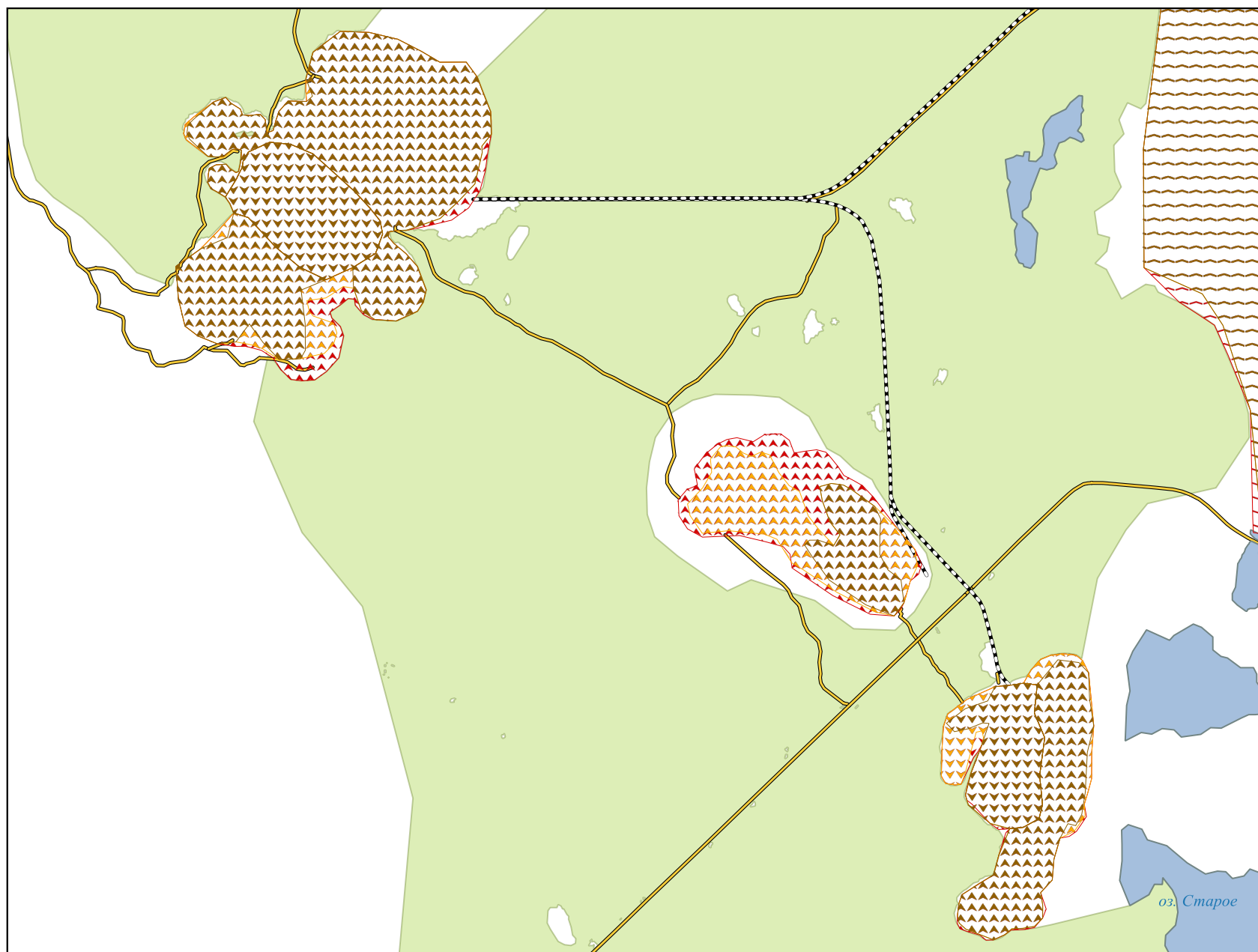
лесная растительность

Динамика нарушенных земель предприятия АО "Оленегорский ГОК", с
2000 по 2016 гг., территория хвостохранилища и Оленегорского
месторождения



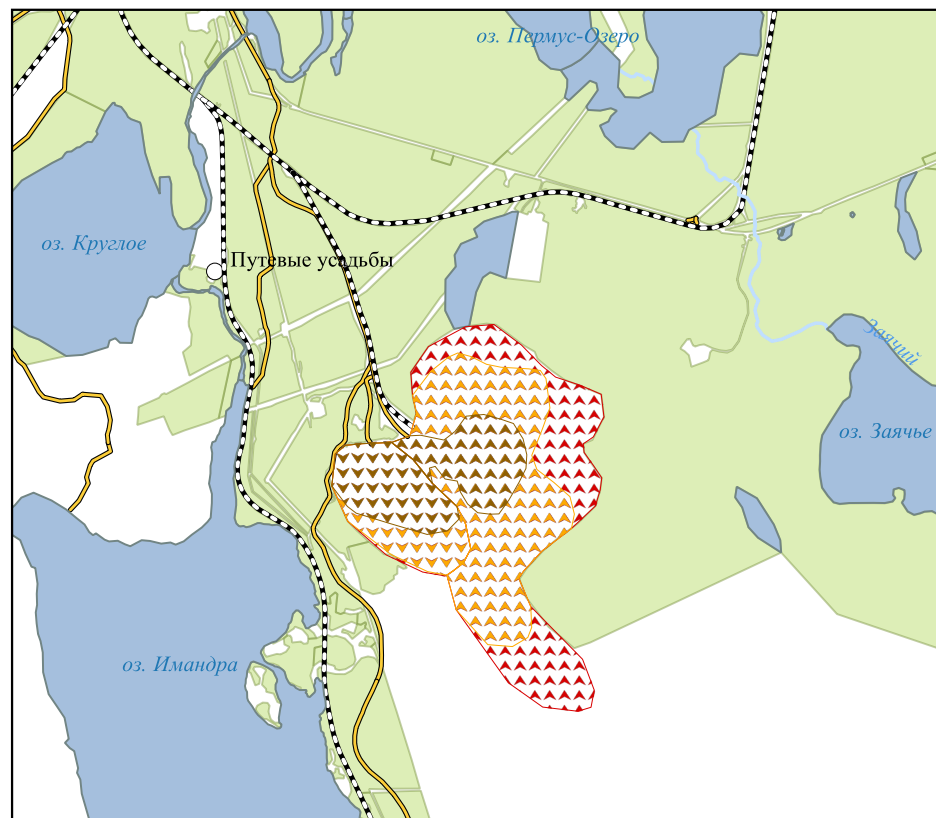
Масштаб
1:50 000

Динамика нарушенных земель предприятия АО "Оленегорский ГОК", с
2000 по 2016 гг., Кировогорское месторождение



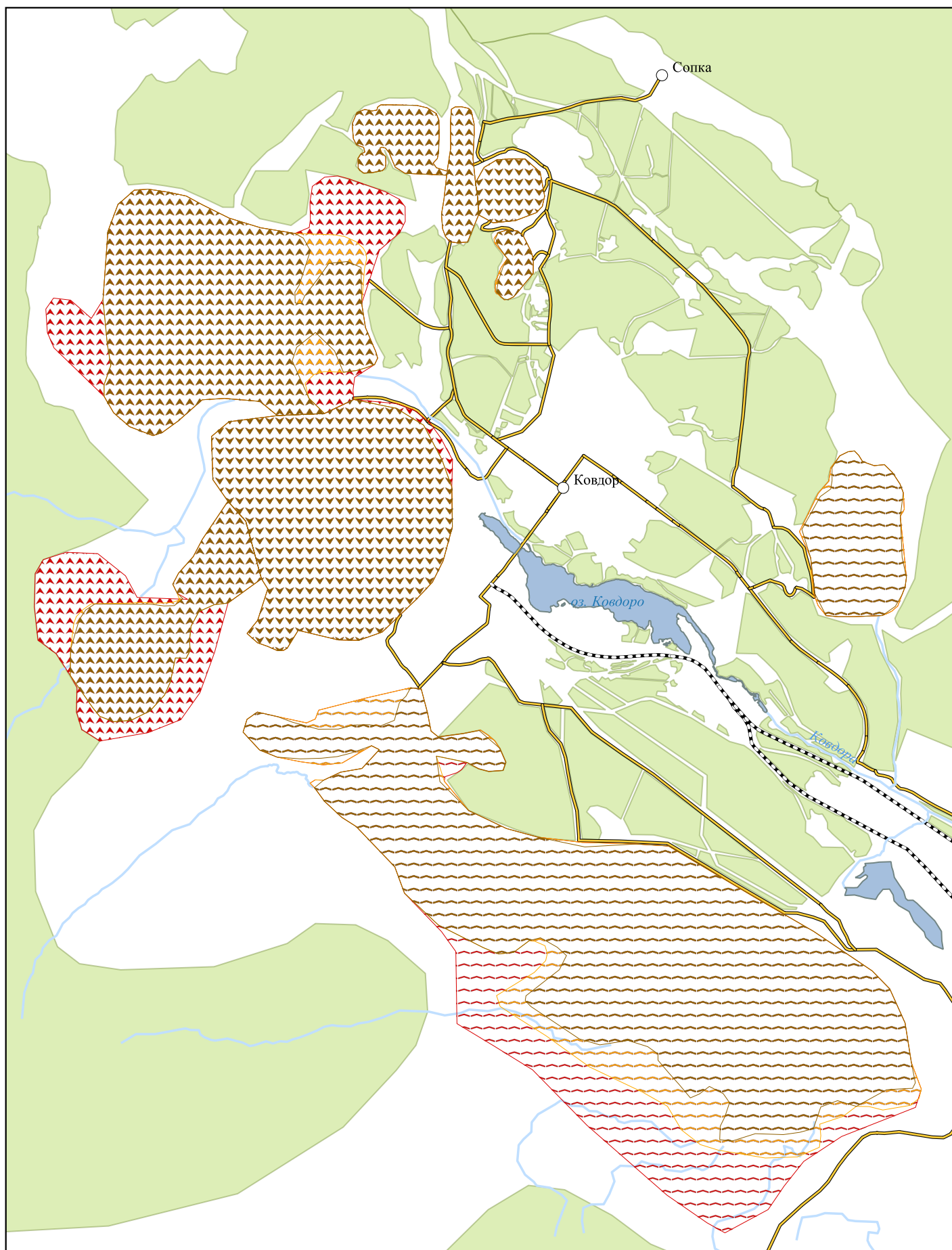
Масштаб
1:50 000

Динамика нарушенных земель предприятия АО "Оленегорский ГОК", с
2000 по 2016 гг., Комсомольское месторождение



Масштаб
1:50 000

Динамика нарушенных земель г.Ковдор,с 2000 по 2016 гг.



Масштаб
1:50 000